

Treball de Fi de Grau
Grau en enginyeria en tecnologies industrials

**Metodologia per a la investigació d'incendis,
acompanyada d'un cas pràctic**

MEMÒRIA

Autor: Aleix Roig Antoja
Director/s: Eulàlia Planas Cuchi
Convocatòria: Juny 2016



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



RESUM

Amb aquest projecte es pretén estudiar les atribucions que té l'enginyeria en el camp de la investigació dels incendis, concretament en la investigació d'incendis en vehicles. Per fer-ho, s'ha comptat amb la col·laboració directa de l'empresa *ABP Investigación de Siniestros*, en la que aquest estudiant ha realitzat les seves pràctiques curriculars.

En un inici s'ha requerit estudiar els conceptes primaris de la generació del foc, la transmissió de la calor generada durant un incendi i les fonts de calor més comunes en la gran majoria d'incendis. A partir d'aquest punt, conegudes les característiques que poden desenvolupar un incendi i estudiades les diverses maneres de com aquest es pot originar, s'ha procedit a conèixer la metodologia bàsica en la investigació d'un incendi.

Donat que la investigació d'incendis és una tasca multi-disciplinar en la que es requereixen diversos coneixements en diferents camps relacionats amb l'enginyeria per tal de determinar correctament l'origen i la causa de l'incendi, no es pot atribuir una única metodologia en la investigació d'un sinistre causat pel foc. Per aquest motiu, s'ha decidit enfocar el projecte a partir de la investigació dels incendis en vehicles, acotant les seves tècniques d'investigació, i centrant els esforços en entendre el procediment necessari per tal de realitzar correctament qualsevol tipus d'investigació en un vehicle.

A partir d'un dels incendis que l'empresa *ABP Investigación de Siniestros* va haver d'investigar, comptant també amb la col·laboració d'aquest estudiant, s'ha procedit a realitzar la part pràctica del projecte, estudiant un cas real d'un incendi d'un camió. D'aquesta manera es pretén fer veure d'una forma més pràctica els conceptes comentats anteriorment, tant pel que fa als tipus de combustibles presents en un vehicle, les fonts de calor més comunes, la transmissió de la calor durant un incendi, així com la metodologia emparada en aquests tipus d'investigacions.

En aquest cas concret, l'incendi es caracteritza per estar produït a partir de la dispersió de gasoil per sobre del motor provocat per una fuga de combustible. Aquesta fuga de gasoil es va produir degut a una mala subjecció d'un dels quatre injectors del motor del vehicle. El gasoil dispersat arreu del motor va entrar en contacte amb alguna de les superfícies calentes properes als injectors, propiciant doncs la creació de flames i originant un incendi molt violent, capaç de destrossar el compartiment motor, la cabina de passatgers i part del compartiment de càrrega.

A partir de l'estudi es va poder determinar l'origen del incendi, determinant també la causa d'aquest, essent una mala subjecció de l'injector provocada per una deficient reparació mitjançant *Helicoil Insert* qui va originar la dispersió de gasoil arreu del motor, provocant doncs l'incendi tant violent que va succeir.

ABSTRACT

This Project has been used as a way to study the attributions that Engineering has in the field of fire investigations, particularly in the investigations that involve vehicles. To do this, this student has had the direct collaboration of the company ABP Investigación de Siniestros, the company where this student has been doing his internship until June 2016.

At first it has been necessary to study primary concepts about the generation of fire, the transmission of heat during a conflagration, and the most common heat sources that can start a fire. At this point, known the different characteristics related in fires and studied the different ways that a fire can be produced, it has proceeded to know the basic methodology in the investigation of a conflagration.

Due to Fire Investigations are a multi-disciplinary tasks, in which is necessary a huge knowledge in different aspects related with engineering to determine properly the origin and the cause of the fire, it cannot be attributed a unique methodology in the investigation of a conflagration. For this reason, it was decided to face the project in the investigation of fires in vehicles, enclosing its investigation techniques, and focusing the effort in understand properly the method required in these kind of fires.

From a fire that the company ABP Investigación de Siniestros was involved in the investigation, in which this student was part of the collaboration, it was possible to use that investigation to make the practical part of the project, studying a real investigation of a fire in a truck. The intention of that investigation is to show in a more clear way the concepts studied before, including the types of combustible and heat sources that can be found in a vehicle, the heat transmission during a conflagration, and the methodology required in that kind of investigations.

In this concrete case, the fire was characterized by being produced from the dispersion of diesel above the engine, caused by a fuel leak. This fuel leakage occurred due to a poor fastening in one of the four injectors that characterized the motor of the vehicle. The oil spread around the engine came in contact with one of the many hot surfaces that can be found next to the injectors, developing flames and creating a violent fire that destroyed the engine compartment, the passenger cabin and part of the compartment load.

Thanks to this study it was possible to determine the origin and the cause of that fire, being a bad fastening of an injector caused by a poor reparation in it, in which was used an *Helicoil Insert* to solve the problem. That bad subject led to a leak of diesel, spreading around the motor and causing a huge and violent fire.

CONTINGUT

1	PREFACI	6
1.1	ORIGEN DEL TREBALL	6
1.2	MOTIVACIÓ	6
2	INTRODUCCIÓ.....	8
2.1	OBJECTIUS DEL TREBALL	8
2.2	ABAST DEL TREBALL	8
3	EL FOC.....	10
3.1	EL TETRAEDRE DEL FOC.....	10
3.1.1	COMBUSTIBLE	11
3.1.2	COMBURENT	12
3.1.3	ENERGIA D'ACTIVACIÓ	13
3.2	REACCIONS QUÍMIQUES	16
3.2.1	PRODUCTES DE COMBUSTIÓ.....	16
3.2.2	REACCIÓ AUTO MANTINGUDA.....	18
3.3	TRANSFERÈNCIA DE CALOR.....	18
3.3.1	CONDUCCIÓ.....	19
3.3.2	CONVECCIÓ	20
3.3.3	RADIACIÓ.....	21
4	LA INVESTIGACIÓ D'INCENDIS.....	22
4.1	DEFINICIONS.....	22
4.2	METODOLOGIA.....	23
4.2.1	INFORMACIÓ PRÈVIA DEL SINISTRE	23
4.2.2	INVESTIGACIÓ DEL LLOC DEL SINISTRE	24
4.2.3	RECOLLIDA DE PROVES.....	33
4.2.4	PLANTEJAMENT DE LA HIPÒTESI I INFORME FINAL	34
5	ELEMENTS COMBUSTIBLES EN ELS VEHICLES	36
5.1	COMBUSTIBLES SÒLIDS	36
5.2	COMBUSTIBLES LÍQUIDS	37
5.3	COMBUSTIBLES GASOSOS.....	38
6	ORIGEN DELS INCENDIS I FONTS DE CALOR EN UN VEHICLE	39
6.1	FLAMES.....	39
6.2	FRICCIÓ.....	39

6.3	FONTS ELÈCTRIQUES	40
6.3.1	BATERIA	40
6.3.2	CURTCIRCUITS I SOBRECÀRREGUES	41
6.3.3	ARCS ELÈCTRIC.....	42
6.3.4	CONNEXIONS D'ELEVADA RESISTÈNCIA	42
6.4	SUPERFÍCIES CALENTES	43
6.5	ALTRES FONTS DE CALOR	44
7	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓ EN INCENDIS DE VEHICLES	45
7.1	IDENTIFICACIÓ DEL VEHICLE	45
7.2	ESTUDI DE L'ENTORN	46
7.3	ESTUDI EXTERIOR DEL VEHICLE	46
7.3.1	CARROSSERIA I PINTURA	47
7.3.2	ELEMENTS PLÀSTICS I PNEUMÀTICS	49
7.3.3	VIDRES	49
7.4	ESTUDI INTERIOR DEL VEHICLE	51
7.4.1	COMPARTIMENT DE PASSATGERS	51
7.4.2	ZONA DE CÀRREGA.....	52
7.4.3	COMPARTIMENT MOTOR I SISTEMA ELÈCTRIC.....	52
8	CAS PRÀCTIC.....	56
8.1	OBJECTIU DEL CAS PRÀCTIC	56
8.2	DICTAMEN PERICIAL.....	56
8.3	OBJECTIU DEL DICTAMEN PERICIAL	56
8.4	METODOLOGIA UTILITZADA DURANT LA INVESTIGACIÓ	57
8.5	PLÀ D'ACTUACIÓ I ÀREA D'INVESTIGACIÓ	58
8.6	CIRCUMSTÀNCIES I ANTECEDENTS	59
8.6.1	EXPLICACIONS DELS TESTIMONIS I AFECTATS.....	59
8.6.2	IMATGES APORTADES PER LA SENYORA CARMÉ	60
8.7	TREBALLS DE CAMP DEL VEHÍCLE SINISTRAT	62
8.7.1	INSPECCIÓ TÈCNIC-OCULAR DEL VEHICLE	62
8.7.2	COMPROVACIONS I CONFIRMACIÓ D'HIPÒTESIS	72
8.7.3	CAUSA DE L'INCENDI	80
9	IMPACTE AMBIENTAL I SOCIAL A L'ENTORN.....	83
9.1	DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	83
9.2	CARACTERÍSTIQUES DEL PROJECTE	83

9.3	IDENTIFICACIÓ DELS IMPACTES	83
9.3.1	IMPACTES POSITIUS	83
9.3.2	IMPACTES NEGATIUS.....	84
10	CONCLUSIONS	85
11	COSTOS DEL TREBALL	87
11.1	RECURSOS HUMANS	87
11.2	MATERIALS EMPRATS.....	87
11.3	FORMACIÓ.....	88
11.4	CONSUMS.....	88
11.5	COST TOTAL.....	89
11.6	PLANIFICACIÓ DEL TREBALL	89
12	AGRAIMENTS.....	91
13	BIBLIOGRAFIA.....	92
14	ANNEX 1: Helicol Insert	93
15	ANNEX 2: Rail Comú	95
16	ANNEX 3: Fitxa internacional de seguretat química	96

1 PREFACI

1.1 ORIGEN DEL TREBALL

Aquest projecte de fi de grau es va desenvolupar a partir de les pràctiques curriculars a l'empresa *ABP Investigación de Siniestros* que aquest estudiant ha estat realitzant fins el mes de Juny de l'any 2016. Es va decidir aplicar els coneixements adquirits en l'àmbit d'aquesta mencionada empresa per tal de desenvolupar un projecte d'acord amb la temàtica del seu abast, el qual és la investigació d'incendis i explosions principalment.

A partir d'aquí, tenint en compte que el ventall d'incendis amb els que treballen és molt ampli, es va decidir enfocar el projecte en l'estudi dels incendis en vehicles, donat que per a cada tipus d'investigació, els procediments a seguir, les marques i senyals del foc, així com els elements presents en l'escenari de l'incendi poden variar. Es va estudiar un dels casos que aquesta empresa va haver d'investigar, en el qual aquest estudiant hi va col·laborar, i es va fer servir aquesta investigació com a part pràctica del projecte.

1.2 MOTIVACIÓ

Des de temps molt llunyans el foc ha estat un element indispensable en el transcurs de la vida humana al llarg dels anys. No va ser fins que els humans van ser capaços de controlar el foc quan l'espècie humana va desenvolupar un creixement important pel que fa a les millores tecnològiques i socials. Gràcies al foc es van poder aprovisionar d'aliments cuits, reduint doncs la transmissió de malalties per culpa d'aliments en mal estat, aprovisionar-se d'enllumenat durant la nit i resguardar-se del fred durant les èpoques de l'any més gèlides.

Passant els anys es van aprendre les tècniques per generar i apagar correctament el foc, tenint un control important del mateix, molt útil per començar a desenvolupar els primers treballs amb elements metàl·lics i dominar correctament la metal·lúrgia per a poder fer eines o armes. Tot control del foc ha estat generalment positiu per el desenvolupament de l'espècie humana. Malgrat tot, quan aquest foc es descontrola, aquest pren el nom d'incendi.

Antigament quan un fet accidental de caràcter inusual es produïa, s'atribuïa la raó i explicació del mateix en fets divins propis del destí. Actualment però, la visió de fets inexplicables es relaciona amb la falta de coneixement dels mateixos i amb la profunda necessitat d'estudiar-los per entendre concretament tot allò que ens envolta. Aquest pensament i afany de conèixer ha estat el que ha portat a l'espècie humana a millorar dia a dia.

Actualment les tècniques de control i extinció del foc han millorat immensament respecte les que es tenien en l'antiguitat. Els cossos de bombes tenen diversos procediments d'extinció d'incendis en funció de la tipologia d'aquest, essent necessaris diversos mètodes per a apaivagar-los correctament. Malgrat tot, no va ser fins a finals del segle XX quan es van començar a realitzar les primeres investigacions d'incendis per a començar a conèixer les causes principals dels incendis que es produïen, per així poder prevenir adequadament qualsevol tipus d'instal·lació contra l'origen de foc, i aplicar també aquest coneixement per tal que els bombers sàpiguen la manera més eficient d'actuar i combatre el foc.

És per aquest motiu que l'enginyeria forense destaca, entre altres coses, per ser una peça important en la millora del coneixement de les causes dels sinistres i en particular del origen dels incendis, el que permet ampliar el control de les instal·lacions i dominar adequadament les tècniques de prevenció, generació i extinció de qualsevol tipus d'incendi.

2 INTRODUCCIÓ

Per tal d'iniciar-nos en el camp de la investigació d'incendis és necessari conèixer el motiu que impulsa a cadascuna de les investigacions que es duen a terme. Aquest motiu és obvi, doncs l'estudi d'aquestes investigacions permet conèixer, en major o menor mesura, l'origen i la causa del incendi, fet rellevant que permetrà prevenir en circumstàncies futures possibles noves catàstrofes.

Actualment i des de fa centenars d'anys els incendis causen grans pèrdues econòmiques, humanes i naturals. Un cop produït l'incendi sorgeix la necessitat de poder estudiar què l'ha ocasionat, per així poder treballar en el desenvolupament d'accions preventives que evitin futures catàstrofes.

Per altra banda, quan es produeix un incendi és necessari determinar què l'ha originat, per saber així qui té la responsabilitat legal de fer-se càrrec dels danys.

Així doncs la necessitat de realitzar investigacions d'origen i causa d'incendis és un fet punyent, necessàries també per facilitar les feines d'extinció per part del cos de Bombers, i entendre com es comporta el foc en les diverses situacions en les que apareix.

2.1 OBJECTIUS DEL TREBALL

És evident que existeixen diversos tipus d'incendis, cadascun dels quals requereix les seves tècniques d'investigació. Tot i que no es pot generalitzar qualsevol tipus d'investigació en una única metodologia o procediment, l'objectiu d'aquest projecte és conèixer la dinàmica del foc en incendis, la manera en que aquest es pot originar i propagar en funció dels materials i elements que es disposin en l'escenari d'un incendi, i finalment aplicar tots els coneixements estudiats a partir de la investigació d'un cas pràctic real.

S'explicarà de forma més detallada la metodologia d'investigació d'incendis en vehicles, donat que el cas pràctic correspon al sinistre d'un camió. De totes formes, tot i que s'expliqui un patró concret d'una metodologia a seguir per tal de determinar l'origen i la causa d'un incendi en un vehicle, és important saber que no hi ha cap incendi igual, amb la qual cosa en determinades ocasions serà necessari introduir nous conceptes diferents dels aquí explicats.

Així doncs l'objectiu d'aquest projecte tracta de conèixer la naturalesa i dinàmica del foc, per tal d'aprendre les diverses tècniques utilitzades actualment en la investigació d'incendis en vehicles. S'estudiarà un cas pràctic d'una investigació d'un incendi real per tal d'aplicar els paràmetres teòrics explicats i entendre de forma clara els procediments a seguir en una investigació, en aquest cas en un incendi d'un vehicle.

2.2 ABAST DEL TREBALL

Donat que les investigacions dels incendis i sinistres varien en funció del tipus d'incendi estudiat, l'abast d'aquest projecte queda limitat en estudiar de forma més detallada els incendis ocasionats en vehicles. És necessari remarcar que la investigació d'incendis és una tasca que requereix coneixements diversos en diferents àmbits de la enginyeria, al ser un

producte de la diversitat d'incendis que es poden arribar a produir, convertint l'enginyeria forense en una enginyeria multi-disciplinar.

Com que l'empresa en la que aquest estudiant ha realitzat les pràctiques curriculars i a partir de la qual s'ha desenvolupat aquest projecte realitza investigacions d'incendis de diversa varietat, es va considerar oportú encarar la part pràctica d'aquest projecte amb un dels casos que l'empresa considerava més adient per a un estudiant en pràctiques. Aquest cas tractava d'un incendi en un vehicle, motiu pel qual es va decidir enfocar el treball en les investigacions d'incendis en vehicles, enfocant de forma més detallada el procediment a seguir en aquest tipus d'investigacions.

3 EL FOC

Si es busca al Diccionari de la Llengua Catalana la definició de Foc, es poden trobar varies definicions que determinin el seu significat. En el context en el que aquest treball es desenvolupa, la paraula foc correspon a les dues primeres definicions:

1. Despreniment de calor i llum produït per la combustió d'un cos.
2. Cos en estat de combustió.

Així doncs s'entén per foc al conjunt de partícules incandescentes i gasos que es desprenen en la reacció de combustió d'un material combustible, emetent a més llum i calor.



Figura 1: Fusta en flames. Font: Eroski Consumer

És necessari realitzar una diferenciació entre foc i incendi. Tot i que les conseqüències d'ambdós conceptes són les mateixes, obtenint uns productes de combustió, així com calor i llum, la intencionalitat o no d'aquesta combustió és el que determina si es tracta d'un foc, o bé d'un incendi. Típicament s'entén per foc el fet desitjat, intencionat i controlat de realitzar una combustió, tenint un domini i control d'aquesta que la fa segura. Per altra banda, un foc descontrolat i no desitjat es coneix amb el nom d'incendi.

3.1 EL TETRAEDRE DEL FOC

Per tal que es produeixi foc s'hauran de donar en el mateix instant de temps quatre factors, els quals conjuntament formen l'anomenat tetraedre del foc.

El tetraedre del foc és una simplificació gràfica per descriure el procés de combustió, amb el qual es pretén fer entendre que el foc no es podria produir sense que s'unissin quatre elements indispensables:

- **Combustible:** Qualsevol substància, ja sigui sòlida, líquida o gas, capaç de cremar en unes determinades condicions, produint una ràpida reacció d'oxidació exotèrmica.

- **Comburent:** Agent gasós que permet la combustió i desenvolupa l'oxidació del combustible. Normalment l'element comú que realitza la funció de comburent en moltes de les reaccions de combustió és l'oxigen, present en l'atmosfera.
- **Energia d'activació:** Per tal d'iniciar la combustió tota substància necessita una aportació de calor. Així doncs, és l'energia necessària per tal que el combustible i el comburent presents en la mescla reaccionin.
- **Reaccions en cadena:** Procés a partir del qual la reacció de combustió progressa i es manté en l'entorn d'una mescla comburent-combustible dintre dels límits estequiomètrics.

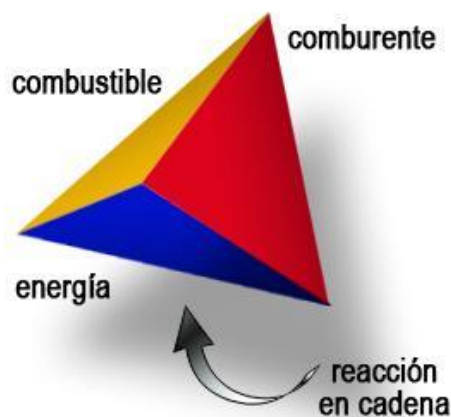


Figura 2: Tetraedre del foc. Font: Formación Emergencias

En aquest tetraedre del foc, cadascuna de les cares representa un dels quatre elements necessaris per a que es produeixi una combustió mantinguda. D'aquesta manera, només eliminant un d'aquests quatre elements es podrà trencar l'equilibri necessari per a que es produeixi la combustió, comportant l'extinció del foc.

Així doncs, a continuació s'explicarà cadascun dels elements de forma més detallada.

3.1.1 COMBUSTIBLE

Anteriorment s'ha definit Combustible com "qualsevol substància, ja sigui sòlida, líquida o gas, capaç de cremar en unes determinades condicions, produint una ràpida reacció d'oxidació exotèrmica".

Com bé es comenta en l'anterior definició, el combustible es pot presentar en diferents estats de matèria. D'aquesta manera es podrà realitzar una classificació general dels combustibles més habituals, diferenciant també aquells que es poden trobar directament a la natura, com d'aquells que són tractats artificialment a partir d'un producte natural.

Taula 1: Materials combustibles

SÒLIDS	NATURALS	Fusta i productes vegetals
		Carbons (turba, lignit, hulla, antracita)
	ARTIFICIALS	Coques
		Aglomerats
		Carbó vegetal
		Residus sòlids urbans
		Materials plàstics
		Metalls (alumini, sodi, magnesi, potassi, titani o zirconi)
		Materials no metàl·lics (sobre i fòsfor)
LÍQUIDS	NATURALS	Petroli
		Betums i greixos
	ARTIFICIALS	Productes derivats del petroli
		Alcohols i acetones
		Pintures, dissolvents i pagaments
GASOS	NATURALS	Metà
	ARTIFICIALS	Derivats de la destil·lació del petroli (butà , propà)
		Derivats de la destil·lació de la hulla
		Originats en processos químics (acetilè, etilè)

3.1.2 COMBURENT

Anteriorment s'ha definit Comburent com "l'agent gasós que permet la combustió i desenvolupa l'oxidació del combustible".

Si bé existeixen diversos elements gasosos capaços d'oxidar algun tipus de material, produint també la reacció exotèrmica de combustió, el comburent més comú que es troba en qualsevol reacció de combustió és l'oxigen.

L'aire de l'atmosfera té un contingut en oxigen que oscil·la al voltant del 21%. Aquest oxigen es combina amb els gasos calents del combustible, permetent així la combustió del material sempre que la relació combustible-comburent es trobi dintre de l'interval determinat i que es disposi d'una font de calor que proporcioni l'energia d'activació necessària per produir-se la ignició.

Per tal que es produeixi la ignició i conseqüent combustió d'un material, es requerirà doncs d'una mescla combustible- comburent que estigui compresa dintre d'un interval determinat, delimitat pel límit superior i límit inferior d'inflamabilitat.

En cas que els vapors del combustible es trobin en una proporció baixa respecte la quantitat de comburent present en la mescla, trobant-se doncs per sota del límit inferior d'inflamabilitat, la reacció de combustió no es produirà. Per altra banda, si els vapors del combustible presents en la mescla es troben en una quantitat molt superior a la dels vapors de comburent, la relació combustible-comburent necessària per a que es produeixi la ignició es trobarà per sobre del límit superior d'inflamabilitat, no produint-se doncs la reacció de combustió.

3.1.3 ENERGIA D'ACTIVACIÓ

Anteriorment definida com "l'energia necessària per tal que el combustible i el comburent presents en la mescla reaccionin", l'energia d'activació es podrà obtenir de diverses maneres a partir de fonts de calor diferents.

Així doncs, es van determinar 4 grups de fonts d'energia calorífica, a partir de les quals es pot crear la calor suficient per iniciar la combustió d'una mescla combustible- comburent que es trobi dins els límits d'inflamabilitat. Aquestes quatre fonts de calor son:

1. Font de calor d'origen ELÈCTRIC
2. Font de calor d'origen MECÀNIC
3. Font de calor d'origen QUÍMIC
4. Font de calor d'origen NUCLEAR

Font de calor d'origen ELÈCTRIC

Es coneix amb el nom d'electricitat el conjunt de fenòmens físics relacionat amb el flux de carges elèctriques. Majoritàriament la corrent elèctrica correspon al flux d'electrons a través d'un conductor, tot i que també és cert que aquesta pot ser provocada per el desplaçament de partícules positives. Així doncs es defineix corrent elèctrica com el flux de carges elèctriques a través d'un conductor.

Donat que els electrons circulen de forma desordenada per el cable conductor, aquests xoquen amb els nuclis de les partícules atòmiques del material conductor, reduint la velocitat dels electrons i dissipant energia cinètica d'aquests en forma da calor, tot escalfant el cable per el qual circulen. Aquest fenomen irreversible es coneix amb el nom d'efecte Joule.

A continuació es descriuen quatre maneres de produir energia calorífica a partir de l'electricitat:

1. Escalfament per resistència o Efecte Joule.

Comentat anteriorment, a partir de l'efecte Joule es produeix energia calorífica degut a la dissipació d'energia cinètica dels electrons quan circulen per el cable conductor. Com més resistent al desplaçament d'electrons sigui el cable conductor, major serà la calor produïda.

L'equació que descriu aquest fenomen és la següent:

$$E = I^2 \cdot R \cdot t$$

On **I** és la intensitat de corrent que circula, **R** és la resistència del conductor, i **t** és el temps en que la corrent elèctrica ha estat circulant per el mencionat conductor.

Normalment els materials del cable conductor tenen un punt de fusió elevat per tal de poder suportar quantitats importants de calor.

Un dels casos molt usats en la indústria siderúrgica i metal·lúrgica per fondre metalls és **l'escalfament a partir d'inducció electromagnètica**. Aquest tipus d'escalfament es produeix quan un camp magnètic actua sobre un conductor, induint a la circulació d'un corrent elèctric per al conductor. Degut a aquesta circulació induïda, es produeix l'efecte Joule comentat anteriorment, generant unes potències elevades sense la necessitat de suport material. Un exemple d'aquest tipus de sistema de generació de calor és el forn d'inducció.

2. Escalfament degut a un arc elèctric.

Un arc elèctric es produeix quan s'interromp un circuit elèctric que transportava una densitat de corrent elevada, i es manifesta com una descàrrega elèctrica amb presència de llum i d'elevades temperatures entre dos conductors pròxims, i amb una elevada diferència de potencial. Aquesta corrent es transmet a través de l'aire o qualsevol altre gas present en el medi gràcies a la ionització dels àtoms de O₂ i N₂.

Durant un arc elèctric es poden arribar a obtenir temperatures de 3000°C i superiors, essent aquesta temperatura molt superior a la dels punts de fusió de molts metalls.

3. Escalfament degut a l'electricitat estàtica.

L'electricitat estàtica és l'acumulació de càrrega elèctrica en la superfície de dos cossos, un dels quals és poc conductor, que s'han fregat. El contacte entre aquests cossos origina una transferència d'electrons d'un material a un altre, quedant un d'ells carregat de forma positiva al cedir electrons, i l'altre amb el mateix valor de càrrega però de signe contrari, al haver rebut càrregues elèctriques negatives.

El material poc conductor, amb presència de càrrega estàtica, no la podrà alliberar degut a la seva poca capacitat de conduir càrregues per el seu medi. Quan se li acosti un material conductor, aquestes càrregues estàtiques en la superfície del cos carregat elèctricament, es neutralitzaran i es produirà la transferència d'aquestes. Durant aquest intercanvi de partícules es produeix una descàrrega en forma d'espurna lluminosa, amb una alta diferència de potencial, anomenada arc estàtic.

Per tal que es puguin produir incendis iniciats per un arc estàtic s'han de donar dues característiques importants de la descàrrega:

- L'acumulació de càrregues s'ha de produir en unes condicions de suficient potencial elèctric.
- La descàrrega electrostàtica produïda ha de ser de suficient energia com per iniciar la ignició del combustible present.

Així doncs, com a curiositat, una persona ben aïllada del terra pot acumular càrregues a partir del contacte amb diversos materials, arribant a uns valors de voltatge de 10 kV a 15kV, però amb una energia d'arc estàtic de 20 mJ a 30 mJ.

Un dels esdeveniments que genera enormes temperatures, relacionat també amb les descàrregues d'energia estàtica, són els llamps. Els llamps són arcs estàtics a gran escala que es produeixen a partir de l'acumulació de càrregues elèctriques en els núvols a partir del contacte entre partícules d'aigua, pols i gel. La descàrrega es produeix cap a una altra zona de diferent potencial, i normalment els llamps es produeixen entre dos núvols, o entre un núvol i el terra. Un llamp pot produir corrents de 24.000 fins a 200.000 ampers, i voltatges de fins a 15 milions de volts.

Font de calor d'origen MECÀNIC

Corresponen a les formes d'obtenció de calor produïdes pel contacte físic i fricció de dos cossos, podent causar enormes temperatures. L'augment de temperatures a partir del contacte entre dos materials vindrà determinat per distintes variables, entre les quals cal destacar l'energia mecànica present, i el temps de fricció dels dos materials.

El perill d'aquest tipus de fonts de calor a l'hora d'iniciar un incendi, ve determinat per la intensitat de calor produïda durant el contacte entre cossos, i la dissipació de calor en aquella zona. Com pitjor sigui la dissipació de calor, més energia tèrmica s'acumularà, augmentant d'aquesta forma les temperatures, i podent originar un focus de calor capaç d'iniciar una ignició dels combustibles allà presents.

Les espurnes es poden considerar dins d'aquest tipus de font de calor donat que es produeixen a partir del fregament o impacte entre dos materials, un dels quals ha de ser metàl·lic. Aquestes espurnes poden ser capaces d'originar incendis, sempre i quan es produeixin en entorns amb combustibles presents.

Font de calor d'origen QUÍMIC

La font de calor d'origen químic correspon a aquell tipus de generació de calor obtinguda a partir de diverses reaccions amb despreniment d'energia tèrmica.

1. Calor de combustió

Energia tèrmica obtinguda a partir de la reacció d'oxidació que es produeix en la combustió d'una substància o d'un material. En funció de l'estructura molecular de la substància en combustió, el poder calorífic serà un o altre.

2. Escalfament espontani

Es dona quan es produeix un escalfament d'un material sense la necessitat d'augmentar la temperatura d'aquest a partir d'un agent extern que li aportí calor. La substància augmenta la seva temperatura sense extreure calor del seu entorn, podent arribar a la ignició del material de manera espontània.

Per tal que aquest tipus d'escalfament es produeixi, és necessari que les quantitats de comburent siguin les òptimes per a permetre la oxidació i conseqüent combustió, i que les corrents d'aire o ventilació siguin minses per tal que no es dissipï la calor produïda. En el cas de l'emmagatzematge de productes agrícoles com cereals, es produeixen escalfaments espontanis degut a la humitat, la falta de ventilació, als bacteris presents i a la fermentació produïda en la massa del cereal dintre d'una sitja. Aquesta fermentació genera una calor difícil d'evacuar, podent-se produir un escalfament espontani que desencadeni una combustió.

3. Escalfament per descomposició

Calor que es desprèn degut a la descomposició de compostos que han requerit aportació d'energia calorífica durant la seva formació.

Altres dos fenòmens que no impliquen una reacció química, atès que són fenòmens físics exotèrmics són:

1. Escalfament de dissolució o adsorció

Calor que es desprèn en dissoldre una substància en un líquid o per l'adsorció d'un líquid en un sòlid. Aquests dos fenòmens físics poden alliberar energia que en alguns casos pot resultar suficient per a produir la ignició..

Font de calor d'origen NUCLEAR

Aquest tipus de font de calor engloba l'energia alliberada per les reaccions nuclears, ja sigui de forma espontània com intencionada. Les reaccions nuclears corresponen a la combinació de partícules sub-atòmiques i nuclis atòmics. Desprenen una elevada quantitat de calor, motiu pel qual aquestes reaccions es produeixen de forma artificial en nombroses centrals nuclears d'arreu del món, per aprofitar l'energia tèrmica després i convertir-la en elèctrica a partir d'un sistema turbina-generador.

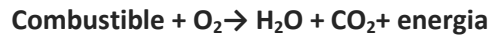
3.2 REACCIONS QUÍMIQUES

Per tal d'iniciar una combustió o per a que aquesta es pugui mantenir, la calor és l'encarregada de generar els vapors de combustible necessaris per a produir la mescla combustible-comburent. També es l'encarregada d'iniciar la ignició de la mescla de combustió, i afavoreix al desenvolupament del foc i la propagació de les flames.

Així doncs la combustió és una reacció exotèrmica (emet calor), auto-alimentada amb presència de combustible.

3.2.1 PRODUCTES DE COMBUSTIÓ

Si bé cada tipus de reacció de combustió pot generar productes de combustió diferents en funció de la composició del combustible, en tots aquells combustibles formats per carboni (C) i hidrogen (H), altrament coneguts com a hidrocarburs, i oxigen (O), els productes que s'obtidran de la reacció exotèrmica de combustió seran CO_2 , H_2O , calor i llum. Així doncs es pot resumir la reacció amb la següent equació:



Tot i això, i com ja s'ha mencionat anteriorment, si el combustible presenta altres substàncies com compostos derivats del nitrogen o sofre, s'obtingran altres subproductes formats per la combinació d'aquests. També cal remarcar que els combustibles inorgànics es caracteritzen per no contenir carboni. Entre ells es troben metalls combustibles com el magnesi i el sodi

Així doncs, per generalitzar el procés de combustió, es pot determinar que els elements que majoritàriament constitueixen els reactius de la combustió són el Carboni, l'Hidrogen, l'Oxigen (podent estar present tant en el combustible, com principalment en el comburent), el Sofre i el Nitrogen. A partir de la combinació d'aquests elements es podran obtenir una gran varietat de productes de combustió originats a partir de la reacció d'oxidació ja explicada, essent els més típics els productes a continuació detallats: Diòxid de Carboni (CO_2), Monòxid de Carboni (CO), Òxids de Nitrogen (N_2O_3), Diòxids de sofre (SO_2), Vapor d'aigua (H_2O), cendres i hidrocarburs no cremats.

La gran majoria de processos de combustió es realitzen a partir de l'oxigen present en l'aire com a comburent principal, essent l'encarregat d'oxidar el compostos de combustible durant la crema d'aquest. Aquest Oxigen es troba en una proporció del 20,946% en l'aire, acompanyat d'un 0,9340% d'Argó, i un 78,084% de Nitrogen. De totes formes, poden existir altres comburents en fase gasosa que oxidin igualment al combustible, com són el Perclorat d'Amoni (NH_4ClO), el Nitroxil (HNO), el Nitrat Amònic fertilitzant (NH_4O_3), el Nitrat Potàssic (KNO_3) i el Peròxid d'Hidrogen (H_2O_2), tots ells capaços d'alliberar l'oxigen que contenen. Fins i tot hi ha altres compostos que no contenen oxigen, com es el cas del Fluor i el Clor, capaços de combinar-se amb l'hidrogen alliberant llum i calor.

Com ja és sabut, la combustió tant de sòlids com de líquids succeeix en fase vapor, en la superfície d'aquests materials. La calor transmesa al combustible fa que aquest comenci a desprendre vapors que, combinats amb el comburent necessari, cremaran al posar-se en contacte amb una font de calor. És per aquest motiu que en el cas que la combustió es dugui a terme amb presència de flama, aquesta presentarà unes formes molt diverses i canviants. Això és degut a que els gasos s'escapen de forma desordenada i sense seguir uns patrons de comportament, motiu pel qual es produeixen aquelles formes tant característiques del foc.

En funció del tipus de reacció de combustió produïda, es pot fer una diferenciació entre el grau d'oxidació que s'ha produït. Així doncs podem diferenciar entre:

1. **Combustió completa:** Correspon a aquell tipus de combustió en que tots els compostos de combustible s'oxiden completament, no deixant cap resta de combustible en els productes resultants de combustió, com serien els fums formats. Com més viu estigui un foc, menys fum es produeix i més combustible s'oxidarà.
2. **Combustió incompleta:** Correspon a aquell tipus de combustió en que el combustible no s'oxida completament degut, en la gran majoria de casos, per la falta de comburent.

Cal fer una distinció en l'aspecte visual del foc, en concret amb la seva flama. La flama és la part visible de la combustió, essent considerada com a un producte d'aquesta ja que emet

llum i calor. Com més a prop s'estigui de la relació estequiomètrica entre combustible i comburent, la flama perdrà lluminositat però guanyarà calor. Aquest fet, juntament amb una reducció notòria de les emissions de fum (considerant fum les diminutes partícules volàtils de sutge no cremades durant la combustió), es deuen a la completa combustió del carbó.

Així mateix, centrant-nos en les combustions de sòlids, podem diferenciar dos tipus de combustió en funció dels seus mecanismes:

1. **Combustió amb flames:** Explicat anteriorment, és el mecanisme pel qual s'alliberen gasos de combustible sòlid a partir d'una aplicació de font de calor. Aquests gasos es mesclen amb el comburent present en l'aire, i si aquesta barreja de gasos es troba dins de l'interval d'inflamabilitat apareixerà una flama, sempre i quant hi hagi present una font de calor inicial que pugui donar l'energia tèrmica necessària per a iniciar la combustió.
2. **Combustió amb brases:** Correspon a un tipus de combustió de sòlids en la que s'allibera menys calor i no s'aprecia presència de flama. En diversos casos la combustió amb brases, un cop arriba a l'energia total suficient requerida, realitza una transició cap a la combustió amb flames.

3.2.2 REACCIÓ AUTO MANTINGUDA

La combustió correspon a un conjunt de reaccions químiques que produeixen l'oxidació ràpida d'un combustible, originant calor, llum i productes de combustió. Per a que aquest tipus de combustió es pugui desenvolupar de forma auto mantinguda, una part de la calor produïda en les reaccions de combustió ha de ser radiada a les parts pròximes del propi combustible en les que encara no s'ha iniciat la ignició. D'aquesta forma, es generen nous vapors, que combinats amb el comburent necessari produiran noves ignicions sense la font inicial de calor que ha originat l'incendi.

3.3 TRANSFERÈNCIA DE CALOR

La transferència de calor compren els mecanismes de desplaçament i intercanvi de fluxos d'energia tèrmica que es donen en l'entorn. Si bé en la vida quotidiana es produeixen intercanvis i transferències de calor diàriament entre diferents cossos i medis, en el cas dels incendis aquestes transmissions de calor juguen un paper determinant. Tenen importància en l'inici de la ignició i conseqüent combustió, ja que permeten la propagació, i també en la disminució de les flames, acabant amb la completa extinció de l'incendi.

Cal tenir present el significat de la paraula **calor**. Calor és un terme utilitzat per definir l'energia que es necessita per variar o mantenir la temperatura d'un cos o d'un medi. Quan es transmet energia tèrmica o calorífica d'un cos o medi a un altre, la temperatura del cos o medi que cedeix calor perd temperatura, mentre que el cos o medi que guanya calor, guanya energia i per tant augmenta la seva temperatura. Aquesta transmissió de calor entre dos cossos o medis a temperatures diferents sempre prendrà el sentit del cos calent al cos fred. Així doncs, com major sigui la diferència de temperatures entre ambdós elements, major energia calorífica es transmetrà per unitat de temps i conseqüentment, major serà la velocitat de transmissió d'aquesta.

Un concepte necessari per a determinar la calor d'un cos i conèixer la seva intensitat és la **temperatura**. La temperatura expressa el grau d'activitat molecular respecte a un valor de referència, com seria el punt de congelació de l'aigua, corresponent a 0°C.

Així doncs, conegut el concepte de calor, es procedeix a determinar els mecanismes amb els quals es produeix la transmissió d'energia calorífica. Aquests mecanismes són la conducció, la convecció i la radiació.

3.3.1 CONDUCCIÓ

La conducció és un mecanisme de transmissió de calor característic de l'estat sòlid, i que consisteix en la transferència d'energia de les molècules o àtoms més energètiques a les molècules o àtoms adjacents menys energètiques degut a la interacció que tenen pel contacte directe que mostren.

L'energia que es transmet de molècula a molècula es produeix gràcies a la difusió lliure d'electrons en el cas dels metalls, i per les ones reticulars o fonons en el cas de materials aïllants. Tot i que també existeix la conducció en estat líquid, aquesta té més rellevància quan el grau d'agregació de les molècules és major, fent que en el cas dels sòlids el mecanisme d'interacció molecular sigui millor que en el cas dels líquids.

La velocitat de conducció depèn de la diferència de temperatures de la zona calenta a la zona freda així com de les característiques o propietats del material pel qual s'està produint la conducció. Aquestes propietats en conjunt són exclusives de cada material, essent la conductivitat tèrmica (K), la capacitat calorífica (C) i la densitat (ρ) les més rellevants. Així, com més conductivitat tèrmica tingui un material, major serà la transmissió de calor a través d'aquest. En el cas dels materials metàl·lics la seva conductivitat tèrmica és elevada, mentre que en el cas dels plàstics i altres aïllants, aquesta és baixa, no permetent una bona transmissió de calor.

En el cas que es tinguin dos materials amb una conductivitat tèrmica i una capacitat calorífica gairebé iguals, aquell material que disposi d'una densitat major podrà conduir de forma més ràpida el calor pel seu interior. És per aquest motiu que molts dels aïllants utilitzats disposen d'una densitat molt baixa. Així mateix, materials que presentin una capacitat calorífica elevada, necessitaran més energia per tal d'augmentar la seva temperatura.

Cal tenir present que la inèrcia tèrmica, propietat que indica la facilitat amb la que augmenta la temperatura superficial d'un material quan es transmet calor pel seu interior i que depèn de les 3 altres propietats anteriorment anomenades (doncs és el producte $K \cdot C \cdot \rho$), pren una major importància en la fase inicial d'un incendi, donat que les propietats com la densitat i la capacitat calorífica resulten insignificants quan el material assoleix uns valors de temperatura elevats i constants.

La conducció és un mecanisme de propagació de l'incendi. El calor conduït per una canonada o a través d'una paret pot causar la ignició de certs combustibles que estiguin en contacte amb aquests objectes.

Taula 2: Característiques de la conducció de certs materials

MATERIAL	Conductivitat tèrmica K (W/m·K)	Densitat ρ (kg/m ³)	Capacitat calorífica C (J/kg·K)
Clorur de polivinil	0,16	1400	1050
Coure	387	8940	380
Formigó	0,8-1,4	1900-2300	880
Fusta de pi	0,14	640	2850
Poliestirè	0,11	1100	1200
Poliuretà	0,034	20	1900
Acer	47-58	7850	460
Alumini	209	2700	880

3.3.2 CONVECCIÓ

La convecció consisteix en la transmissió de calor provocat pel moviment de líquids o gasos calents des de la font de calor a una zona més freda dels seu entorn. Aquesta convecció es caracteritza per dos mecanismes que es donen simultàniament, la conducció de calor a nivell molecular i el moviment global o macroscòpic.

Si es disposa d'una font de calor o punt calent en un entorn, amb una temperatura T_F major que la del seu entorn T_E , les molècules d'aquesta font de calor cediran una part de la seva energia per simple contacte directe o xoc elàstic a les molècules properes a aquestes, augmentant doncs la seva temperatura. Aquest mecanisme pren el nom de difusió. D'aquesta manera, el fluid proper al punt calent augmenta la seva temperatura fins a arribar a una temperatura superior a la de l'entorn. Degut a aquest augment de temperatura, la densitat local d'aquest fluid proper a la font de calor disminueix, essent menor que la densitat del fluid de l'entorn. Degut a la diferencia de densitats es produeixen una seria d'esforços entre fluids, amb la qual cosa comporta que el fluid escalfat entri en moviment, pujant cap amunt, abandonant la seva zona i deixant que aquesta la ocupi una massa de fluid fred. D'aquesta manera es renova el fluid més proper al punt calent, permetent doncs el procés de convecció continu. Aquest procés, conegut com a convecció natural, correspon al mecanisme de moviment global. Altrament es podria accelerar aquest mecanisme d'una forma artificial, forçant el moviment d'aire a partir d'agents externs com ventiladors, augmentant per tant la velocitat de convecció i la seva eficiència. En aquest cas el nom que prendria aquest tipus de convecció seria convecció forçada.

Es pot transmetre calor d'un fluid a un sòlid o viceversa a partir de la convecció, sempre i quant el sòlid estigui en contacte amb el fluid amb el qual es produirà la mencionada convecció. En aquest cas, la velocitat de transmissió depèn de la diferència de temperatures, de l'àrea de la superfície de contacte per la que es produirà la transmissió de calor, i de la velocitat del fluid proper a la superfície del sòlid.

En el cas dels incendis el mecanisme de convecció juga un paper molt important pel que fa a la transmissió de gasos calents des del lloc on s'ha produït l'incendi, fins a una zona superior. Donat que en moltes situacions el sostre impedeix la progressió ascendent dels fums i gasos calents, aquests s'escapen radialment, podent transmetre gasos calents a altres llocs o zones

d'un edifici o vehicle, entre d'altres, essent en varies circumstàncies focus secundaris d'incendis.

A mesura que l'incendi es desenvolupa, augmentant la temperatura tant dels elements que es cremen com dels fums i gasos generats, la radiació pren importància convertint-se en el mecanisme de transmissió de calor dominant.

3.3.3 RADIACIÓ

Es defineix radiació tèrmica com la transmissió d'energia calorífica des d'una superfície o gas calent (el qual pren el nom de radiant), a un material més fred a partir d'ones electromagnètiques que es desplacen únicament en línia recta i en totes les direccions, sense necessitar la presència d'un medi. El radiant es pot trobar en qualsevol dels tres estats de la matèria, ja que tant sòlids, líquids i gasos són capaços de radiar ones electromagnètiques per tal de transferir calor. En el cas que ens ocupa, els incendis, els fums i gasos produïts durant combustió i confinats sota un sostre o en un espai tancat són els responsables d'una transferència de calor important a altres zones de l'espai sinistrat a partir de la radiació tèrmica.

Amb un interval de longitud d'ona comprès entre 0,1 i 100 micres, aquestes ones electromagnètiques poden ser reduïdes o bloquejades sempre que hi hagi presència de determinats objectes o elements. Aquests materials no necessàriament bloquegen per complet tot el calor radiant, però poden absorbir una bona part d'aquest. En són exemple alguns vidres capaços d'absorbir un determinat percentatge de la radiació projectada.

La quantitat de calor radiada des de un material que es troba a una certa temperatura és proporcional a la temperatura absoluta d'aquest material elevada a la quarta potència. Donat que tots els materials emeten radiació tèrmica amb una proporció de la quarta potència de la seva temperatura, es pot dir que la radiació de calor neta entre dos cossos o materials a diferent temperatura i per els quals es produeix un intercanvi de calor correspon a la diferència de les seves temperatures elevades a la quarta potència. Per tal de fer aquest càlcul, les temperatures s'han d'expressar en graus Kelvin.

Quant a la velocitat de transmissió de calor amb el mecanisme de la radiació tèrmica, aquesta es veu notòriament afectada segons la distància en que es trobin l'element radiant i l'objecte radiat. A major distància entre cossos o materials, la quantitat d'energia que incideix per unitat de superfície disminueix en proporció tant de la dimensió de la font radiant com de la distància entre aquesta i la superfície radiada.

4 LA INVESTIGACIÓ D'INCENDIS

4.1 DEFINICIONS

Per tal d'entendre d'una forma més clara i concisa el que s'explicarà en aquest treball, cal fer un incís en varies definicions de certs conceptes que apareixen en la investigació d'incendis i que no s'han explicat encara.

- **Accelerant de la combustió:** Agent, generalment en estat líquid, inflamable i que s'utilitza per accelerar la crema i propagació d'un incendi.
- **Auto-escalfament:** Procés per el qual un material augmenta de temperatura com a conseqüència d'una reacció química produïda per les reaccions exotèrmiques entre el material i el seu entorn.
- **Cremar:** Trobar-se en estat de combustió.
- **Calcinar:** Sotmetre a calor a una substància fins a reduir a calç viva el carbonat de calci que contingui.
- **Carbonitzar:** per l'acció d'una combustió incompleta, reduir a carbó un cos de material orgànic. Presenta un aspecte ennegrit.
- **Càrrega de foc:** Quantitat d'energia calorífica aportada per tots els materials combustibles presents en el lloc de l'incendi.
- **Socarrimar:** Modificar superficialment un material a partir de la combustió limitada d'aquest.
- **Combustió espontània:** Altrament coneguda com a autoinflamació, correspon a un tipus de combustió que s'iniciï mitjançant aportació de calor, però sense espurna o flama.
- **Combustió neta:** Tipus de marca deixada pel foc sobre una superfície en la que s'ha cremat tot el sotge.
- **Extingir:** Provocar el fi d'una combustió.
- **Foc latent:** Combustió lenta d'un material amb absència de llum.
- **Fum:** Suspensió en l'aire de partícules sòlides, líquides i gasoses emeses quan un material es troba sotmès en un procés de piròlisi o combustió.
- **Sutge:** Substància negra dividida en finíssimes partícules que prové de la combustió incompleta de les matèries orgàniques.
- **Ignició:** Procés d'iniciació d'una combustió auto mantinguda.
- **Piròlisi:** Descomposició química d'un compost en una o varies substàncies degut a l'aportació de calor. La piròlisi, normalment, és el precedent a la combustió.
- **Temperatura d'ignició o punt d'ignició:** Temperatura mínima a partir de la qual un material comença a desprendre gasos capaços de crear una mescla combustible-comburent que, sota determinades condicions d'entorn, es pugui mantenir momentàniament.
- **Temperatura d'auto inflamació:** Temperatura a partir de la qual un material combustible és capaç d'entrar en ignició a l'aire sense l'aportació externa d'espurnes o flames.

4.2 METODOLOGIA

Tot i que l'enginyeria forense com a regla general estudia les causes de sinistres ocorreguts en múltiples entorns i situacions, essent cadascun d'ells diferent a qualsevol altre, existeix una metodologia general que s'utilitza en cadascuna de les investigacions, i que ajudarà al investigador a arribar a l'origen del incendi i a descobrir la causa d'aquest amb un major grau d'èxit.

4.2.1 INFORMACIÓ PRÈVIA DEL SINISTRE

Cal tenir present que un incendi és capaç de reunir especialistes de diferent tipus en funció de la tasca que hagin d'exercir durant i després del sinistre. D'aquesta forma, tant pel que fa als passos d'extinció com als de recollida de proves, als d'investigació i als de desmantellament, es personaran diversos personatges com ara bombers, policies, propietaris i afectats, pèrits i investigadors designats, mitjans de comunicació i altres. Aquesta presència de tantes persones pot derivar en la pèrdua d'indícis i proves, alterant l'escenari del incendi, i dificultant doncs les tasques d'investigació.

Pel motiu comentat en el paràgraf anterior, és necessari protegir la zona sinistrada a fi i efecte de garantir l'estabilitat del escenari i evitar possibles manipulacions del mateix. S'intentarà protegir l'espai i evitar que hi entrin persones no autoritzades que puguin eliminar rastres, indicis, marques de foc i restes de cendres, modificant també la situació de certs objectes o elements situats en la zona on s'ha produït el foc.

Així mateix quan un investigador procedeixi a realitzar les tasques de treball de camp en el lloc del incendi, ho farà de la forma més curosa possible, respectant els diversos elements dipositats en l'espai, i intentant no malmetre les diverses marques i senyals produïdes durant l'incendi.

A continuació es presenta un llistat de consideracions que cal tenir present abans de realitzar qualsevol investigació:

- Localització i entorn del sinistre
- Data i hora del sinistre
- Finalitat de la investigació i dimensions del incendi
- Condicions atmosfèriques durant l'incendi
- Tipus d'incendi: estructural, vehicle, bosc, etc.
- Mesures preventives que tenia l'escenari del incendi
- Possibles testimonis

4.2.2 INVESTIGACIÓ DEL LLOC DEL SINISTRE

El procés de realitzar la investigació en el lloc on es va produir el sinistre es coneix amb el nom de treball de camp. Aquest correspon a la recollida d'informació necessària per a desenvolupar les tasques pures d'investigació a l'oficina i redacció del informe final.

Cal saber quina és la finalitat de la investigació i el problema principal a resoldre en ella. En determinades circumstàncies no es coneixeran les trajectòries seguides pel foc, motiu pel qual serà necessari plantejar-se el primer problema de tots, el qual és aclarir si l'incendi procedeix del exterior o del interior del edifici, vehicle, etc.

Per seguir una metodologia concreta en cadascuna de les investigacions i garantir la correcta exploració de la zona incendiada, es procedirà inicialment a inspeccionar l'exterior del escenari del incendi per acabar investigant les parts més internes del mateix. De la mateixa manera, cada cop que s'estudiï una zona, es procedirà a realitzar la inspecció iniciant-la en aquelles zones menys afectades per l'incendi, fins a acabar analitzant aquelles que més ho estan. D'aquesta manera es garantirà la completa inspecció del escenari del sinistre, descartant totes les possibles causes que puguin originar un incendi, fins a arribar a la causa més probable de totes, la qual haurà de guardar relació amb les diverses marques i senyals aparegudes en el lloc del sinistre.

Per simplificar les explicacions, es considerarà el cas particular d'un incendi estructural com pot ser un edifici. Tot i això, l'esperit general de la investigació és compartit amb qualsevol altre sinistre, el qual correspon a inspeccionar de fora a endins, i de menys afectació a més, prestant la màxima atenció a les diverses marques i senyals provocades per l'incendi. Per aquest motiu, per tal d'explicar-ho d'una forma més pràctica, en algun cas concret s'utilitzaran imatges de vehicles.

Inspecció Exterior

En la fase d'inspecció exterior caldrà recollir diverses dades necessàries per arribar a saber la ubicació espacial de diversos elements, conèixer si l'incendi pot haver estat provocat o no, i conèixer les diverses entrades i sortides d'aire, sabent així per on es podria haver alimentat de comburent el foc. Així, caldrà tenir en compte diversos aspectes:

- Accessos cap al interior del edifici, finestres, obertures al exterior, sortides de ventilació, etc.
- Estat dels accessos al interior del edifici. Una porta o finestra forçada podria ser motiu de sospita d'incendi provocat.
- Afectacions estructurals exteriors. Necessàries per saber les afectacions causades per l'incendi i conèixer la dinàmica del foc.
- Marques de fum i foc en les façanes exteriors. Determinar d'aquesta forma les trajectòries seguides per les flames i gasos calents per saber la dinàmica que va seguir el foc durant l'incendi.
- Buscar objectes que puguin estar relacionats amb l'incendi.
- Presa de fotografies i recollida de dades de qualsevol de les coses que puguin aportar informació.

A base d'exemple, en la següent fotografia es pot apreciar com la porta tenia dos orificis d'inserció de claus. El que es troba situat en la part superior no presentava el mecanisme per inserir correctament les claus, mentre que en l'allotjament situat en la part inferior s'observa que s'ha instal·lat recentment atès al seu estat de conservació. Serà qüestió doncs de preguntar al cos de bombers que van participar en les feines d'extinció del incendi, si al arribar al sinistre la porta estava tancada amb clau o no. A partir d'aquest punt es poden començar a extreure les primeres conclusions sobre la intencionalitat o no del incendi.



*Figura 3: Porta d'entrada. Font: ABP
Investigación de Siniestros*

Inspecció Interior

Realitzades les inspeccions exteriors de l'escenari de l'incendi, i determinades amb major o menor mesura les principals hipòtesis sobre la trajectòria que va seguir el foc en funció de les zones més o menys cremades, és el moment d'inspeccionar l'interior de l'escenari de l'incendi, amb la intenció de determinar el punt origen de la catàstrofe i conèixer la causa més probable que ha provocat l'incendi. Tant en el procés d'inspecció interior com el de l'exterior serà necessari realitzar una presa de fotografies i recollida de dades amb la intenció de poder-les analitzar posteriorment i realitzar la correcta investigació, amb el consegüent informe, a l'oficina.

Un cop controlada l'estructura del edifici per garantir la seguretat durant les investigacions, caldrà entrar amb molta cura, realitzant una inspecció general visual de tot l'escenari del incendi i determinar d'una forma més o menys precisa les dinàmiques seguides pel foc, a partir de les afectacions generals internes. Caldrà anar ben equipat, amb material anti-tall i anti-punxada com botes de treball, pantalons i jerseis anti-tall, casc, guants anti-tall, ulleres protectores, lots i llanternes de front, i, sistemes protectors de respiració.

Inicialment serà necessari examinar l'edificació i conèixer els aspectes de disseny en quant a compartimentació, evacuació i accessibilitat. Així mateix, conèixer el tipus d'estructura, materials emparats, mobiliari i elements decoratius ajudaran al investigador a conèixer la composició inicial del escenari, saber quins són els elements que hagin pogut constituir una

elevada càrrega de foc, i reconèixer les restes de certs materials en l'escenari del incendi. Saber si existien instal·lacions protectores o preventives contra incendis, ja sigui per detecció, control o extinció del foc, anirà bé per entendre el comportament del foc o la magnitud d'aquest.

Determinada la composició inicial del lloc del sinistre, és moment d'investigar la dinàmica de producció de les marques o senyals del foc, amb la qual cosa serà necessari conèixer:

1. Efecte dels diversos mecanismes de transmissió de calor, com la conducció, la convecció i la radiació.
2. Recorregut que ha seguit el foc, el fum, i els gasos calents dins de l'estructura del edifici.
3. Marques i senyals més remarcables que ens ajudin a determinar el punt origen.

Hi ha diverses marques i senyals que ajuden a comprendre la dinàmica que va seguir el foc durant l'incendi, i que ajuden a entendre el sentit de propagació d'aquest, ajudant doncs a determinar el punt origen del incendi, a partir del qual es podrà determinar la causa del mateix. Aquestes marques o senyals presenten uns límits o fronteres, les quals constitueixen la diferència d'afectació produïdes pel foc o els gasos calents (horitzó tèrmic) i pel fum generat durant l'incendi (horitzó de fum). La delimitació i observació d'ambdós horitzons ajudarà a determinar la zona origen del incendi. A continuació es presentaran un seguit de conceptes útils a tenir en compte alhora d'investigar les diverses marques i senyals provocades per l'incendi.

- **Horitzó de fum:** Fa referència a les diverses superfícies que han estat en contacte directe amb el fum i a la diferència d'alçades que aquest ha assolit. A partir d'aquestes marques es pot arribar a conèixer el pla neutre del incendi, conegut com el pla horitzontal que delimita la zona afectada per fums i gasos calents, respecte aquella zona que no s'ha vist tant afectada per l'incendi.



Figura 4: Horitzó de fum a la paret blanca. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Horitzó tèrmic o de calor:** Engloba aquelles superfícies afectades bàsicament pel calor i les flames, així com per els gasos calents provocats durant l'incendi. S'aprecia una destrucció de la matèria i un mal estat dels elements afectats.

A continuació es presenta una fotografia de l'estat d'un quadre elèctric després d'un incendi. S'observen les afectacions produïdes per l'acció dels fums i gasos calents, afectant principalment a la part superior del mencionat element.



Figura 5: Horitzó tèrmic al quadre elèctric. Font: ABP Investigación de Siniestros

Seguidament s'adjunta una altra fotografia on s'aprecia l'estat d'un armari per guardar estris de neteja, en el que es pot observar que la part superior va resultar completament destrossada degut a l'acció dels gasos i fums calents generats durant l'incendi, i acumulats sota el sostre de la nau.



Figura 6: Horitzó tèrmic en un armari. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Diferències d'afectació de l'incendi:** A partir de les restes de material trobat en l'escenari del incendi es poden arribar a conèixer els sentits principals de propagació del foc. En la majoria d'incendis estructurals d'edificis, la presència de fusta és comuna, aportant enorme informació sobre la dinàmica seguida pel foc. Donat que la fusta és un material que carbonitza superficialment durant el transcurs del incendi, es pot realitzar un estudi comparatiu entre diverses porcions de fusta de diferents llocs del escenari del sinistre. Mesurant la profunditat i l'extensió de la superfície carbonitzada es poden determinar aquelles zones que han estat més temps exposades al calor, ja sigui per contacte directe amb les flames, o bé amb els gasos calents. D'aquesta manera es podrà saber quines zones han estat més pròximes a la font de calor. En la fotografia que es mostra a continuació s'observa el fenomen explicat.



Figura 7: Porta de fusta carbonitzada. Font: ABP Investigación de Siniestros

L'exemple de la fusta és extrapolable amb altres materials orgànics semblants. Tota comparació entre materials de la mateixa naturalesa pot ser útil per determinar la dinàmica seguida pel foc. N'és el cas dels materials presents en un vehicle, com es pot apreciar en la següent fotografia.



*Figura 8: Materials plàstics fosos i carbonització de la porta d'un vehicle.
Font: ABP Investigación de Siniestros*

A base d'exemple, en les anteriors fotografies s'aprecia una carbonització en la porta del conductor, així com les parts dels materials plàstics del retrovisor del conductor estaven foses, evidenciant que van ser atacats pels gasos calents generats durant l'incendi, indicant que es va establir un foc exterior del vehicle a cotes baixes.

- **Oxidació dels elements:** Els efectes que es produeixen degut a l'excés de calor sobre materials metàl·lics desencadena el fenomen d'oxidació del material. Aquesta oxidació es manifesta a partir del canvi de color i textura de l'element oxidat, essent més severa com major sigui la temperatura i el temps d'exposició a aquesta. Tant és així que elements que estiguin en contacte perllongat amb elevades temperatures poden arribar a presentar aspecte de xapa viva intensament oxidada. En funció de la coloració i de la oxidació es podrà entendre també la dinàmica seguida pel foc.

En la fotografia que s'adjunta a continuació s'aprecia la diferència d'oxidació evident entre dues màquines domèstiques. La màquina de l'esquerra presenta una alta oxidació degut a les altes temperatures a les que va estar sotmesa, indicant que es podria tractar de ser l'origen del incendi.



Figura 9: Diferència d'oxidació entre dos màquines domèstiques. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Fusió de materials:** A partir de conèixer els diferents materials presents en l'escenari d'un incendi, i coneixent les temperatures de fusió d'aquests, es pot arribar a saber el rang de temperatures amb les que ha estat sotmesa una zona del escenari del incendi. Sabent l'estat que presenten els mencionats materials després del sinistre, es podrà determinar també quina ha estat la trajectòria seguida per les flames i per els gasos calents.
- **Marques de protecció:** Molt útils per saber si les finestres, interruptors del quadre elèctric, portes i altres elements de doble posició han estat oberts o tancats durant el transcurs del incendi. Fan referencia a les zones netes de fum, pols, cendres, i atac de flames degut a la protecció que han tingut respecte un element que els protegia. Per exemple, la part interior de les finestres on s'instal·len les frontisses per al correcte tancament, si mostren aquesta zona neta de cendres i fum, indicarà que la finestra ha estat tancada durant el transcurs del incendi o, si més no, durant bona part d'aquest.

A partir de l'estudi del quadre elèctric i del Interruptor de Control de Potència (ICP) com el que es presenta a continuació, es pot determinar si els magneto-tèrmics dels endolls de la llum, per exemple, van saltar durant l'incendi o no, a partir de les marques de fum que presentaven els interruptors del propi quadre.



Figura 10: Marques de protecció en un quadre elèctric. Font: ABP Investigación de Siniestros.

- **Deformacions:** De vital importància en materials metàl·lics d'alt punt de fusió, aquestes deformacions ens poden donar indicis de quines han estat les zones que han patit majors afectacions per temperatura. Com més elevada sigui la temperatura, major deformació patirà l'element en qüestió. Aquestes marques per deformacions poden ajudar a orientar l'investigador per conèixer el sentit de desenvolupament del foc.

En la fotografia que es mostra a continuació s'observa la deformació de les làmines i bigues d'acer que conformaven el sostre com a conseqüència de les elevades temperatures que va assolir l'incendi.

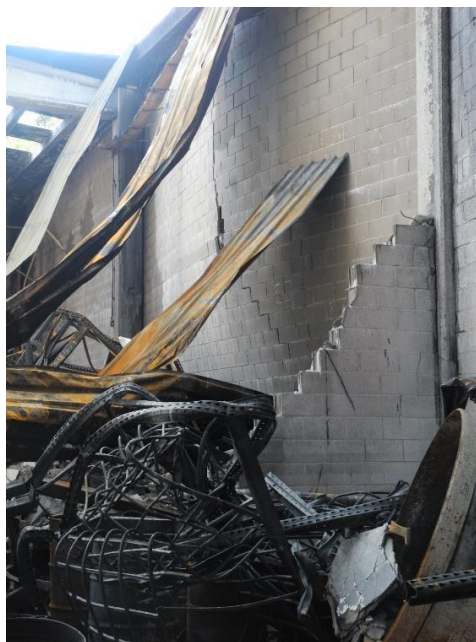


Figura 11: Deformació patida per l'acer. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Marques i senyals dels vidres:** En funció del tipus de fractura del vidre es podrà conèixer si aquesta ha estat causada per efecte tèrmic, o bé deguda a un impacte. Aquells vidres trencats per efecte del calor presentaran fractures en forma de corbes, mentre que els vidres fracturats per impacte presentaran talls rectilinis i poligonals. Així mateix, vidres impregnats de fum poden indicar que durant el transcurs del incendi estaven en perfecte estat, però que es van trencar posteriorment per causes naturals d'un incendi. En canvi, vidres fracturats que mostrin un aspecte net, poden indicar que el vidre va ser trencat abans del incendi, existint la possibilitat doncs de considerar l'incendi com a provocat.

A continuació es presenta una fotografia de l'estat d'uns vidres atacats pel calor.



Figura 12: Vidre atacat per la calor. Font: ABP Investigación de Siniestros

En la fotografia que s'adjunta a continuació s'aprecia una fusió de la part del parabrises que donava al interior del compartiment de passatgers d'un vehicle. Aquest fet evidencia que la part davantera del vehicle va estar sotmesa a elevades temperatures, indicant que el calor es va propagar des del interior del compartiment motor.



Figura 13: Parabrises atacat per la calor. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Efectes de propagació:** Materials fàcilment inflamables com plàstics, espumes i líquids inflamables poden representar una elevada càrrega de foc, que facilitin els efectes de

propagació del incendi. Caldrà saber l'existència d'aquests materials en l'escenari del incendi.

- **Desenrunament per capes:** Per tal de conèixer els processos i les etapes que han ocorregut durant el transcurs del incendi, en el cas del desenrunament d'una zona es recomana fer-lo de forma lenta i conscient, prenent dades de qualsevol de les coses interessant i que puguin representar font d'informació. El desenrunament s'ha de realitzar metòdicament, per capes horitzontals. Un mal desmantellament pot ocasionar la pèrdua de nombroses proves o indicis.



Figura 14: Desmenbrament per capes. Font: ABP Investigación de Siniestros



Figura 15: Continuació del desmenbrament per capes. Font: ABP Investigación de Siniestros

- **Con de calor, marca de "V":** En les superfícies verticals pot aparèixer la marca d'una V, indicant la presència d'un focus de calor, podent arribar a ser l'origen del propi incendi. Donat que la calor tendeix a pujar, i a mesura que puja s'expandeix, es genera aquesta marca característica de V en les parets, deguda al atac de la calor sobre elles.

4.2.3 RECOLLIDA DE PROVES

Per tal de desenvolupar correctament la tasca d'investigació, serà necessari realitzar la corresponent presa de fotografies i de dades per tal de contrastar-les a l'oficina en el moment de plantejar la hipòtesi i realitzar l'informe pertinent de la investigació. A part d'això, altres aspectes s'hauran de considerar alhora de realitzar la recollida de proves, aspectes que poden aportar un alt grau d'informació de cara a determinar l'origen i la causa del incendi.

- 1) **Presa de fotografies:** Durant tot el procés del treball de camp serà necessari realitzar un reportatge fotogràfic de cadascun dels elements que s'investiguin. Caldrà realitzar fotos des de diversos angles i posicions per representar de la millor manera possible l'escenari del incendi, i no passar per alt cap zona afectada pel sinistre. Qualsevol informació pot ser bona alhora de realitzar l'informe.
- 2) **Cerca d'accelerants:** Caldrà realitzar una inspecció del terreny per determinar si hi pot haver la presència d'accelerants en determinades zones. La presència d'aquests podria indicar que l'incendi ha estat provocat. Serà necessari doncs prendre mostres d'elements susceptibles d'haver estat impregnats per algun tipus d'accelerant o que el

seu aspecte així ho indiqui, portant-les després a laboratoris acreditats pel seu posterior anàlisi.

- 3) **Croquis i ubicació espacial:** Per tenir una idea clara de la constitució del escenari del incendi abans i després del sinistre, és recomanable realitzar un esbós per tenir present la distribució del mobiliari i elements en la zona del incendi.
- 4) **Entrevistes:** Realitzar entrevistes a testimonis presents durant el transcurs del incendi, així com realitzar entrevistes als afectats pel sinistre, és adequat per conèixer de primera mà el procés que ha seguit el foc, i construir així una hipòtesi. De totes formes aquest tipus d'informació, si no prové d'una font fiable com podria ser el cos de policies o bombers, hauria d'agafar-se de forma superficial sense posar un alt grau de credibilitat en ella, ja que en qualsevol dels casos hi poden aparèixer certs interessos personals. Serà necessari llavors contrastar les diverses versions dels testimonis.
- 5) **Material digital:** For a bo demanar als entrevistats si disposen de material digital com ara vídeos o fotografies durant el transcurs del incendi, per conèixer la dinàmica seguida pel foc. Així mateix, la presència de càmeres de circuit tancat per la zona del sinistre poden ajudar al investigador a determinar l'existència d'imatges útils per saber la zona origen del foc, o bé determinar si aquest ha estat provocat o no.



Figura 16: Incendi real. Font: ABP Investigación de Siniestros

4.2.4 PLANTEJAMENT DE LA HIPÒTESI I INFORME FINAL

Després d'analitzar correctament les marques observades durant el treball de camp, serà necessari plantejar una hipòtesi coherent amb les diverses senyals trobades en l'escenari d'un incendi. Per fer-ho caldrà conèixer la trajectòria seguida pel foc i les diverses propagacions originades durant l'incendi. Caldrà determinar el punt origen i un cop trobat, cercar la

informació necessària per conèixer quina ha estat la font de calor inicial, i quin ha estat el primer material que s'ha incendiat.

Totes les hipòtesis hauran d'estar contrastades amb explicacions coherents i imatges explicatives del propi sinistre. En cas que no es pugui arribar a determinar ni la causa ni l'origen, s'haurà de fer constar. Al finalitzar un informe, en ell hi hauran de constar com a mínim els tres aspectes que es presenten a continuació:

- Origen del incendi
- Font de calor
- Causa del incendi

5 ELEMENTS COMBUSTIBLES EN ELS VEHICLES

Centrant-nos en l'estudi sobre les investigacions de l'origen i les causes dels incendis en vehicles, primer de tot cal determinar els tipus de materials que els componen i la forma que tenen aquests de cremar.

Com bé és sabut els vehicles amb motor tèrmic requereixen de combustible, majoritàriament gasolina o dièsel, per a produir l'energia necessària per al seu correcte funcionament. Si bé aquest combustible pot suposar una gran càrrega de foc que contribueixi a augmentar el foc en cas d'incendi, qualsevol vehicle està format per altres materials i compostos combustibles que poden ajudar a propagar l'incendi o fins i tot a iniciar-lo. En funció de la participació en l'incendi que tinguin cadascun dels materials que componen el vehicle, es podrà fer una diferenciació entre els combustibles primaris, i les secundaris.

1. **Combustibles primaris:** Pren el nom de combustible primari aquell que origina l'incendi, trobant-se pròxim a la font de calor i formant part de la reacció d'oxidació inicial que genera la combustió.
2. **Combustible secundari:** Pren el nom de combustible secundari aquell que es veu implicat d'una forma directa en l'incendi, ja sigui tant evolucionant-lo com propagant-lo. Formaran part dintre d'aquesta categoria aquells combustibles que no hagin originat l'incendi, però que siguin capaços de cremar.

En funció de l'estat de matèria en que es trobi el combustible dintre d'un vehicle, podrem diferenciar entre combustibles sòlids, líquids i gasos.

5.1 COMBUSTIBLES SÒLIDS

Qualsevol dels vehicles que es poden trobar en circulació per les carreteres estan formats de diversos materials. La seva estructura, proteccions, interiors, acabats, sistema de cablejat i moltes altres parts d'ells componen el grup de combustibles sòlids d'un vehicle. Si bé no tots ells tenen la mateixa facilitat per cremar-se, a partir d'una certa temperatura qualsevol d'aquests pot arribar a fondre's i a cremar.

Normalment la ignició d'aquests tipus de combustibles en un vehicle es produeix en els cablejats, en incendiar-se els protectors de plàstic exteriors dels cables elèctrics, els quals per determinats motius com podrien ser una sobrecarrega, o un mal funcionament elèctric, augmenten la seva temperatura de treball, arribant a uns valors de temperatura que poden provocar la auto ignició del material. Així mateix, molts dels combustibles sòlids presents en un vehicle, durant un incendi, afavoreixen en la propagació i en l'alimentació d'aquest, aportant una massa que fa augmentar la càrrega de foc.

Si bé els plàstics acostumen a ser un dels principals combustibles sòlids capaços d'iniciar un incendi degut al seu baix punt d'ignició, les fibres tèxtils que es troben en l'interior del vehicle, tant en els seients com en el folrat del sostre, també es poden cremar fàcilment.

A continuació es presenta una taula amb diferents materials que es poden trobar en un vehicle, així com les seves propietats tèrmiques.

Taula 3: Materials sòlids combustibles d'un vehicle amb les seves temperatures característiques

Material	Temperatura d'ignició °C	Punt de fusió °C
Fibres acríliques	560	90-105
ABS	410	88-125
Fibra de vidre	560	428-500
Nilons	413-500	220-265
Policarbonat	440-522	265
Polietilè	270-433	115-137
Polipropilè	250-433	160-176
Poliestirè	346-365	120-240
Poliuretà	271-378	120-160
PVC	250-430	75-105

5.2 COMBUSTIBLES LÍQUIDS

Per tal que un vehicle funcioni, a part dels ja coneguts combustibles líquids com la gasolina o el dièsel, també són necessaris altres tipus de líquids pel correcte funcionament dels diversos mecanismes. Aquesta varietat de combustibles líquids, combinats amb la certa quantitat de comburent, i amb una font de calor propera, són capaços de produir un incendi. Així mateix, degut a la seva fàcil circulació que tenen un cop alliberats, tot i no ser en molts casos els combustibles primaris en un incendi, poden intervenir en l'evolució i propagació d'aquest d'una forma molt notòria.

Quant menor sigui la temperatura d'ebullició d'un d'aquests líquids, major serà el risc d'ignició i per tant majors hauran de ser les mesures preventives per tal de garantir que aquests líquids no puguin provocar un incendi. Això és degut a que, per tal que es produeixi una combustió, el líquid s'ha de gasificar per poder-se combinar adequadament amb el comburent per així crear una mescla que es trobi dintre dels límits d'inflamabilitat.

Cal mencionar que molts d'aquest líquids combustibles que es troben en el vehicle són accelerants capaços de cremar a una velocitat molt elevada, provocant també una enorme càrrega de foc.

Taula 4: Líquids combustibles d'un vehicle amb les seves temperatures característiques i límits d'inflamabilitat

Líquid	Temperatura d'ignició °C	Punt d'inflamació °C	Límits d'inflamabilitat (% volum combustible en l'aire)	
			Inferior	Superior
Gasolina	257-280	-45 a -40	1,4	7,6
Dièsel	254-260	38-62	0,4	7,6
Líquid de frens	99-288	99-288	-	-
Oli de la servodirecció	360->382	175-180	1	7
Oli motor	340-360	200-280	1	7
Oli de caixa de canvis	>382	150-270	1	7
Oli de la transmissió automàtica	330->382	150-280	1	7
Anticongelant	398-410	110-127	3,2	15,3
Propilenglicol	371-421	93-107	2,6	12,5
Metanol	464-484	11-15	6,0	36

5.3 COMBUSTIBLES GASOSOS

L'ús de combustibles gasosos està creixent de forma significativa en el món dels vehicles a motor. Si ve anys endarrere no s'utilitzaven com a tal, avui en dia es poden trobar autobusos, autocars, camions i fins i tot vehicles particulars que utilitzin algun tipus de gas com l'hidrogen i oxigen en les bateries de plom-àcid, o el propà i el gas natural comprimit en algun dels seus mecanismes. Aquests gasos es poden emmagatzemar en estat líquid sotmesos a pressió, gasificant-se un cop s'alliberen.

Com a conseqüència d'un recanvi de la bateria o algun tipus de xoc amb el vehicle, es poden desprendre gasos que poden ocasionar una explosió en la que es derivi un incendi en el vehicle, sempre que la mescla combustible-comburent es trobi dintre dels límits d'inflamabilitat, i una font de calor es trobi pròxima a aquesta mescla.

A continuació es detallen les característiques del comportament tèrmic dels gasos més comuns que es poden trobar en un vehicle. Totes aquestes dades han estat trobades a partir d'assaigs en el laboratori, amb la qual cosa poden variar en un incendi real.

Taula 5: Gasos presents en un vehicle amb les seves temperatures característiques i els seus límits d'inflamabilitat

Gas	Temperatura d'ignició °C	Punt d'ebullició °C	Límits d'inflamabilitat (% volum combustible en l'aire)	
			Inferior	Superior
Hidrogen	500	-252	4	75
Gas natural	537	-162	5	15
Propà	450	-42	2,1	9,5

6 ORIGEN DELS INCENDIS I FONTS DE CALOR EN UN VEHICLE

La sofisticació dels vehicles actuals els han dotat de diversos mecanismes amb uns sistemes de treball concrets capaços d'originar un incendi en cas de fallada. Si bé els incendis d'automòbils poden guardar certa relació amb incendis d'edificis, donat que en la majoria de casos les fonts d'ignició son molts semblants les unes amb les altres (sobrecàrregues, arcs elèctrics, curtcircuit), existeixen una sèrie de fonts d'ignició exclusives dels vehicles o sistemes de motor de combustió, com podrien ser les superfícies calentes.

Antigament, degut al desconeixement en la temàtica d'investigació d'incendis, s'atribuïen les causes de l'incendi d'un vehicle a un origen elèctric, no considerant-se altres possibles fonts d'ignició com a causants del sinistre. Avui en dia, el coneixement sobre les investigacions d'incendis, tot i estar en creixement, han millorat notòriament d'ençà anys enrere. Així doncs, a continuació es presentarà el recull de les fonts de calor més típiques en els vehicles de combustió. Cal dir que no tots els vehicles estan constituïts dels mateixos materials, ni comparteixen el mateix sistema de treball, així com mecanismes de funcionament. Per aquesta raó la investigació d'incendis de vehicles és tant dinàmica, ja que els avenços que apareixen en el món del motor fan que no hi hagi dos incendis iguals, essent els vehicles d'avui en dia notòriament diferents els uns dels altres pel que fa a la distribució dels elements del motor.

Per tal que es produeixi qualsevol tipus d'incendi, a part de la mescla entre el combustible i el comburent, es necessita una font de calor que sigui l'encarregada d'iniciar la ignició. En un vehicle es pot fer una divisió entre les diverses fonts de calor que s'hi poden trobar: flames, fricció, fonts elèctriques, superfícies calentes i materials per fumador i altres.

6.1 FLAMES

Tot i que avui en dia la majoria de vehicles es comencen a dissenyar i construir amb un sistemes d'injecció en el motor, encara es poden trobar vehicles que utilitzin carburador. En el procés de treball del carburador, un cop es tenia la mescla combustible-aire, es produïa una flama capaç de poder provocar un incendi sempre i quant el filtre d'aire no estigues ben instal·lat. A part d'aquest tipus de motors, altres flames que es poden trobar en vehicles són les de certs encenedors o mistos presents en l'interior d'aquests, o flames pilots d'aparells, forns i escalfadors d'aigua en el cas de vehicles d'esbarjo.

6.2 FRICCIÓ

La fricció de dos superfícies en contacte pot arribar a provocar valors elevats de temperatura dels materials que es troben en fricció, podent-se convertir en focus de calor i originar un incendi. Aquesta fricció entre superfícies està present en moltes parts del vehicle. És imprescindible doncs disposar de sistemes de dissipació de calor per així evitar en la mesura del possible l'augment de la temperatura.

Per entrar en detall, el contacte entre metalls dintre d'un vehicle es pot produir en la corretja de propulsió, coixinets, i frens entre d'altres. Així mateix el contacte d'una superfície metàl·lica

amb el paviment, com una llanta despresa o un sistema d'escapament de gasos caigut, pot originar espurnes mecàniques.

Les espurnes mecàniques són un exemple de fricció. El freg de certs metalls entre ells o amb altres tipus de materials com el paviment, genera unes espurnes incandescent amb la suficient energia com per a iniciar la ignició de gasos o líquids atomitzats. Per tal que es generin aquest tipus d'espurnes es requereix de moviment del vehicle o, si més no, del moviment d'algun dels seus mecanismes en estat d'encès. Aquestes espurnes poden assolir unes temperatures de fins a 1200 °C, en funció del metall que s'estigui fregant i de la velocitat de fregament.

6.3 FONTS ELÈCTRIQUES

Poden existir fonts de calor d'origen elèctric en un vehicle estant aquest parat i apagat, o en funcionament. Tant unes com les altres poden generar l'energia suficient com per a iniciar la ignició d'un material combustible i provocar un incendi.

El sistema elèctric d'un vehicle es compon de diversos circuits tancats, on el pol negatiu o terra correspon a la connexió produïda en el bastidor o la carrosseria, i el pol positiu és qui subministra el corrent al panell de fusibles i a tots els accessoris elèctrics del vehicle. Com a motiu de protecció en cas de sobrecàrregues o curtcircuits, s'utilitzen fusibles, disjuntors i connexions fusibles per obrir el circuit i tallar el subministrament elèctric als diferents accessoris abans de que aquests s'espallin.

6.3.1 BATERIA

La bateria és la principal font de corrent elèctric un cop el vehicle està aturat i apagat. Un cert nombre de components del motor i del sistema elèctric del vehicle estan connectats permanentment a la bateria, podent tenir algun problema de mal funcionament hores després de l'apagada del vehicle, el qual pot originar un incendi.

La principal funció de la bateria és alimentar el motor d'arrencada per encendre el vehicle, i donar suport a l'alternador quan aquest no pot alimentar tots els components elèctrics requerits en algun instant. Així mateix connectats a la bateria poden anar també diversos sistemes elèctrics com ara el panell de distribucions de fusibles, l'arrencament remot, fars, ràdio, sistema d'aixecat de finestres, control de la posició de sofàs (en cas que el sistema sigui elèctric), control de posició dels retrovisors, i altres dispositius. Tots ells requereixen de la bateria per a poder funcionar, sempre que el cotxe no estigui en funcionament (motor de combustió treballant) per a que puguin desenvolupar la seva tasca.

La bateria forma part del sistema elèctric del vehicle, ja que genera energia elèctrica a partir d'una reacció electroquímica que es produeix entre les plaques d'aliatge de plom, l'àcid sulfúric i l'aigua destil·lada allà presents. Aquestes bateries són les anomenades reversibles, ja que un cop produeixen l'energia elèctrica necessària, si s'aporta corrent continu a la bateria, el sulfat present a les plaques d'aliatge de plom degut a la reacció pot tornar a l'electròlit. Cal dir que és capaç de generar corrents molt elevades, de fins a centenars d'ampers.

Pel que fa als perills intrínsecs de la bateria, durant el procés electrolític aquesta genera gasos com l'hidrogen i l'oxigen degut a la descomposició electrolítica de l'aigua present amb àcid sulfúric. En el cas concret de l'hidrogen, els perills d'aquest venen relacionats amb la seva capacitat explosiva. Una petita espurna o frec que generés un petit focus de calor seria suficient com per generar una explosió de la bateria.

El risc de formació d'espurnes o punts calents en una bateria existeix, amb la qual cosa s'ha de tenir molta cura alhora de manipular-la. Perits defectes, ruptures internes que provoquen curtcircuits, averies o acumulacions d'electricitat estàtica poden ser suficients com per causar una explosió que derivi en un incendi del vehicle.

Com a dada important, s'ha de tenir present que l'energia d'ignició de l'hidrogen a pressió atmosfèrica és de 0,019 mJ en l'aire, i de 0,07 mJ en oxigen. Si es té en compte que les espurnes generades en els arcs elèctrics produïts per l'acumulació d'energia estàtica en el cos humà són de l'ordre de 20mJ a 30 mJ, es pot observar lo fàcilment que resulta iniciar la ignició de l'hidrogen.

6.3.2 CURTCIRCUITS I SOBRECÀRREGUES

Tant els curtcircuits com les sobrecàrregues en els cables poden derivar en incendis de gran envergadura, i són els responsables de l'origen de molts sinistres ocasionats pel foc.

Un curtcircuit correspon al tancament del circuit en un punt on el conductor entra en contacte amb el terra, o amb un altre conductor, degut a un desgast, trencament o tall de l'aïllant que l'envolta. Aquest tancament del circuit deriva en una sobreintensitat, provocant elevades temperatures en el conductor de fins a 3000 °C o superiors, capaces de fondre i cremar l'aïllant elèctric que els envolten. La sobreintensitat és provocada a partir de la disminució de la resistència del circuit elèctric per al que passarà la corrent. Sabent que $V = I \cdot R$, si disminueix la resistència (R) i la diferència de tensió (V) es manté en valors que podem considerar constants, la intensitat (I) augmenta.

En el cas d'una sobrecarrega en un sistema elèctric, aquesta pot ser donada a partir de diverses circumstàncies, posant en perill tot el conjunt d'elements presents degut al alt risc d'incendi. Una sobrecàrrega es produeix bàsicament quan per un conductor hi passa més corrent de la que s'ha calculat per a unes determinades condicions de treball i de seguretat. Aquesta sobreintensitat, al igual que en el cas d'un curtcircuit, pot provocar enormes temperatures en tota la longitud del cable conductor, podent arribar a fondre i a cremar el plàstic aïllant que envolta el fil conductor.

Tant pel cas dels curtcircuits, com en el cas de les sobreintensitats esporàdiques, els incendis es produeixen degut a un sobredimensionat dels fusibles, encarregats de protegir el circuit elèctric en cas de sobreintensitats donades en certs instants de temps, tallant el circuit i evitant danyar altres elements elèctrics del vehicle. En el cas de que els fusibles estiguin sobredimensionats, aquests poden no percebre una sobrecàrrega per un dels cables amb els que estan connectats i desencadenar un incendi sense haver interromput prèviament el circuit de corrent, doncs aquesta sobreintensitat estaria dintre dels seus límits de treball.

Aquest augment d'intensitat no controlada i no interrompuda per un fusible produeix un augment de la temperatura en el conductor, el qual escalfarà el plàstic aïllant que l'envolta, podent-lo portar a la seva ignició. Aquest fet, acompanyat de la poca ventilació i conseqüent poca refrigeració en la que es troben aquests conjunts de cables en un vehicle, fan que el perill d'incendi degut a una sobrecàrrega i/o curtcircuit s'hagi de tenir molt en compte.

6.3.3 ARCS ELÈCTRIC

Un circuit tallat, si no està ben aïllat i protegit, pot provocar arcs elèctrics en forma de descàrregues electro-luminoses d'elevada temperatura. Després d'un xoc amb el vehicle, es poden produir arcs elèctric, així com curtcircuits, que desencadenin amb l'inici d'ignició d'un material combustible, derivant amb l'incendi del vehicle.

Cal tenir molt en compte els possibles arcs elèctrics produïts en la bateria o en el motor d'arrancada, ja que les intensitats que hi circulen són molt elevades, podent provocar un arc elèctric d'elevada energia en cas de que aquest esdevingui.

6.3.4 CONNEXIONS D'ELEVADA RESISTÈNCIA

A partir d'una mala connexió entre el cablejat i els borns o unions de cablejat es pot produir un augment de temperatura descontrolat capaç d'originar un incendi. Aquest augment de temperatura ve produït per l'augment de la resistència en la connexió entre borns. Aquest fet s'explica a partir de les següents equacions, les quals corresponen a l'equació de la resistència en un cablejat, i l'equació de la calor dissipada en funció de la intensitat, la resistència per la que hi circula la intensitat, i el temps de circulació:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

$$E = I^2 \cdot R \cdot t$$

Degut a una mala connexió entre els borns d'un cable conductor, la secció per la qual es produeix la conducció de la corrent que hi circula, disminueix. Al disminuir aquesta secció, la resistència en la connexió dels borns augmenta considerablement.

Donat que la intensitat que circula pel circuit elèctric en condicions normals és constant, un augment de la resistència provocarà un augment de la calor dissipada per efecte Joule. Aquest augment de calor dissipat, provocarà un augment de la temperatura d'aquella part del conductor en la que s'uneixen els borns, podent arribar a posar-lo a temperatures lo suficientment elevades com per a que puguin fondre i cremar els materials aïllants que es trobin al seu voltant. Així mateix, el fet de que els circuits elèctrics presents en un vehicle estiguin poc ventilats, afavorirà a l'augment de la temperatura del conductor, propiciant alt risc d'incendi en cas de l'aparició de connexions d'elevada resistència.

Així mateix, degut a que la intensitat que circularà per el circuit en cas que hi hagi una connexió d'elevada resistència serà la mateixa que en condicions normals, cap fusible serà capaç de detectar el problema, no tallant la corrent que circula per el circuit, afavorint doncs a l'augment de calor dissipat i per tant al creixement de la temperatura de la connexió.

6.4 SUPERFÍCIES CALENTES

Els vehicles de combustió són medis de transport propulsats per motors de combustió que generen elevades temperatures en el procés de transformació d'energia química de les substàncies combustibles, a energia mecànica que permet desplaçar al vehicle, després de les reaccions que tenen lloc en el seu interior. Aquestes reaccions que es produeixen consisteixen en la crema de les substàncies combustibles a partir de diversos mecanismes en funció del tipus de motor del que es tracti. Si més no, totes les formes de combustió existents en un motor de combustió interna desprenen una quantitat de calor important, acompanyats de substàncies o productes de la combustió, que també estan a elevades temperatures. Aquestes substàncies es desplacen per una sèrie de compartiments dintre del propi motor per tal de ser filtrades i expulsades a l'exterior.

Doncs bé, tots aquests compartiments que es troben en contacte amb el cicle de combustió i sortida de gasos calents des de la cambra de combustió fins al tub d'escapament, per simple contacte directe amb els gasos calents s'escalfen, arribant a temperatures molt superiors a les que qualsevol de les substàncies líquides presents en un vehicle s'incendiarà sense necessitat de flama.

Degut a possibles fuites i/o acumulacions de certs combustibles líquids del vehicle en determinades parts del motor, aquestes es poden escalfar provocant la ignició de la substància combustible dipositada en la seva superfície. N'és el cas del col·lector i del tub d'escapament. Ambdós elements durant el seu cicle de treball obtenen unes temperatures superficials molt elevades, capaces de cremar el dièsel polvoritzat y evaporar la gasolina, donat que els gasos calents surten de la cambra de combustió a una temperatura que ronda els 900 °C. L'oli de la caixa de canvis automàtica, així com l'oli del motor i alguns líquids de frens, si entren en contacte amb el propi col·lector a temperatura de treball, pot arribar a cremar.

En el cas del convertidor catalític, element que s'utilitza per reduir la quantitat de gasos nocius expulsats al medi ambient, necessita una temperatura de treball mínima de 500 °C, podent arribar als 700°C en determinades condicions de treball. Aquest fet provoca que la temperatura exterior d'aquest element obtingui uns valors superiors als 315°C en condicions normals, y majors de 538°C quan no hi ha ventilació o quan el vehicle es troba fora de circulació.

Molt important fer notar que qualsevol substància combustible dipositada sobre una superfície calenta es pot encendre un cop el vehicle estigui aturat. Durant la circulació del propi vehicle, es produeix una ventilació que afavoreix a la dispersió dels gasos combustibles i a la refrigeració de les superfícies calentes, afavorint doncs a la reducció de la possibilitat d'incendi. Tot i això, un cop s'atura el vehicle, el flux d'aire que estava entrant en el compartiment motor mentre aquest estava en circulació, s'atura. És doncs quan desapareix la font de refrigeració de les superfícies calentes, motivant doncs a un augment de la temperatura d'aquestes que afavorirà a la crema dels vapors combustibles present.

Cal a dir que en funció de l'estructura del motor, l'incendi d'aquest es pot produir inclús estant el vehicle en marxa.

6.5 ALTRES FONTS DE CALOR

Donat que les part del compartiment de passatgers d'un vehicle presenten quantitats importants de recobriments de teixits, avui en dia aquests estan preparats per ser lleugerament ignífugs. Amb el contacte directe amb una cigarreta encesa difícilment s'encendrien, però si aquesta cigarreta crema algun altre tipus de combustible de fàcil ignició, la flama produïda és capaç d'encendre ràpidament els teixits presents en l'interior del vehicle, ja que l'espuma d'uretà és un material que crema amb facilitat, i és l'espuma que s'utilitza per el recobriment dels sofàs del vehicle.

7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓ EN INCENDIS DE VEHICLES

Tota investigació d'un incendi en un vehicle segueix una metodologia útil per a determinar amb una major probabilitat d'èxit l'origen i la causa de l'incendi. Tot i que cada investigador segueix una sèrie de pautes pròpies durant el treball de camp, aquestes es basen en una metodologia comuna. A continuació es presenta l'esquema estructural de la investigació.

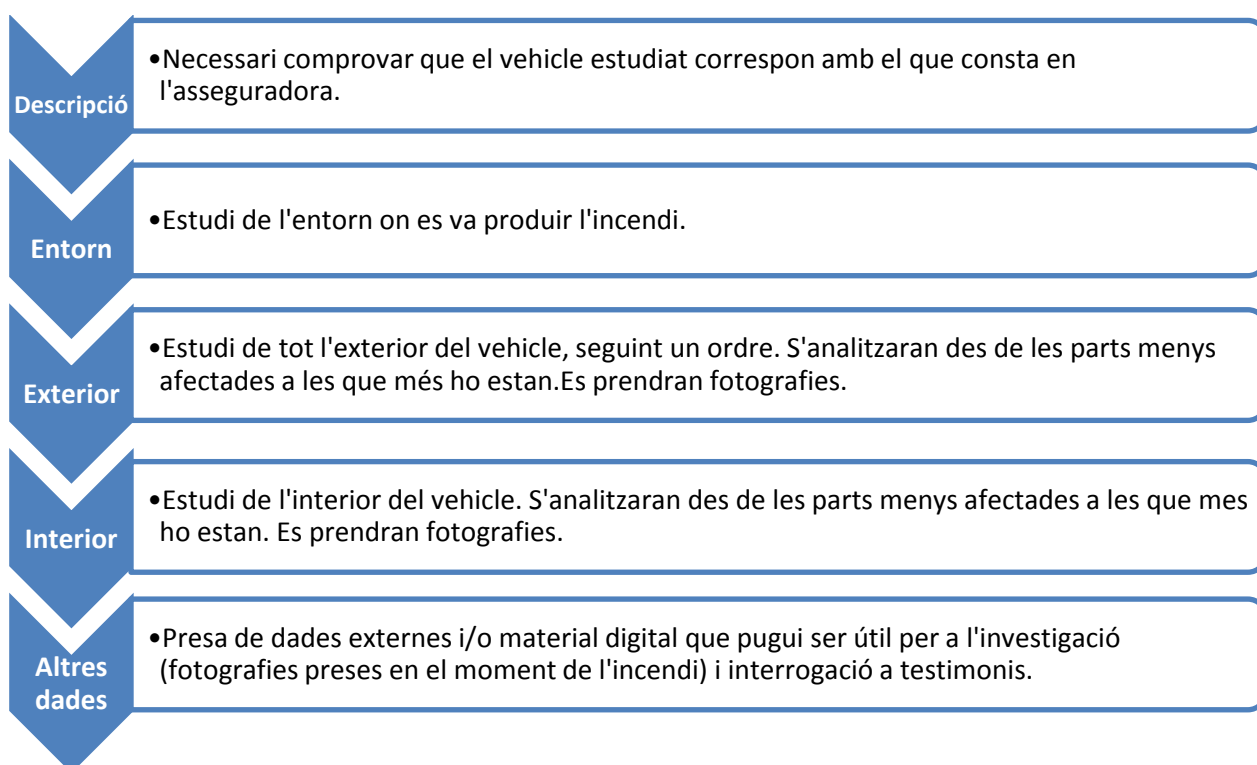


Figura 17: Metodologia a seguir en la investigació d'un incendi en un vehicle

7.1 IDENTIFICACIÓ DEL VEHICLE

Donat que les investigacions per determinar l'origen i la causa de l'incendi seran necessàries en processos judicials per a atribuir certes responsabilitats als implicats en el sinistre, la investigació també es centrarà en la confirmació de que vehicle estudiat correspon amb el que realment interessa als jutges i companyies asseguradores.

Per aquest motiu, a part de la marca, model, color i matrícula, també s'haurà de prendre les dades de la placa del fabricant, i del número d'identificació del vehicle, VIN. Aquest correspon a un número gravat en algun punt de l'estructura del vehicle, de manera que en cas de completa combustió d'aquest, el número VIN podria arribar a identificar-se correctament. Consta de 17 dígitos entre els quals s'indiquen el fabricant i el lloc de fabricació.



Figura 18: Exemple del número VIN d'un vehicle. Font: Carfax

Així mateix tots els vehicles han de portar la seva placa de fabricant. En ella hi va escrit el número d'identificació VIN, així com dades del fabricant i algunes característiques mecàniques. Sol estar fabricada d'alumini o materials plàstics, amb la qual cosa es poden deteriorar fins a desaparèixer durant el transcurs d'un incendi.

7.2 ESTUDI DE L'ENTORN

Tot i que no sempre sigui possible, s'intentarà estudiar el vehicle incendiats en el lloc on es va produir l'incendi sense alterar cap dels elements presents en l'escenari. D'aquesta manera es podran estudiar elements externs al vehicle com pendents, construccions, possibles ràfegues de vent, que ajudin a entendre la dinàmica que va seguir el foc i com aquest es va propagar.

És recomanable també realitzar un croquis del vehicle indicant les zones més afectades per l'incendi. D'aquesta manera es podran prendre anotacions a mesura que es va desenvolupant la investigació de l'incendi. Així mateix serà necessària la presa de fotografies de l'entorn per tal de fer saber en el posterior informe, com era l'entorn on es va produir l'incendi.

En altres circumstàncies, per motius obvis del propi entorn on es va produir l'incendi, un cop apagat el foc el vehicle és retirat en dipòsits de vehicle, essent transportat per una grua. Aquest procés de trasllat, en determinades circumstàncies, afecta a l'estructura del vehicle degut a la càrrega i descàrrega del mateix en la grua, perdent nombroses dades rellevant i informació degut a la pèrdua de peces i de configuracions de l'estat del vehicle. Per tant, serà important no entrar en confusions produïdes per aquestes pèrdues d'informació.

Per acabar, tenint en compte les marques i senyals deixades per l'atac de les flames sobre el vehicle, així com en elements exteriors a aquest, es podrà estudiar el sentit de propagació del foc, sempre tenint en compte que aquest pren trajectòries verticals.

7.3 ESTUDI EXTERIOR DEL VEHICLE

És obvi que un vehicle està format per un conjunt molt estès de materials, cadascun dels quals realitza la funció per la que ha estat dissenyat, adaptant una forma concreta que el fan útil en el camp on treballa.

Durant la investigació d'incendis, s'intenta seguir una sèrie de marques i senyals que deixen les flames i/o gasos calents com a rastre per tal de conèixer la dinàmica i sentit de propagació del

foc. Tant és així, que en funció de l'estat de la matèria posterior a un incendi d'un vehicle, es poden descartar d'entrada diverses possibles fonts principals que originin l'incendi.

Primerament, abans de determinar la naturalesa de l'incendi, és important saber a què s'enfronta l'investigador. Per tenir una idea de la severitat de l'incendi i la força que aquest va tenir, és important conèixer els tipus de materials que componen les diverses parts del vehicle. D'aquesta manera es podrà determinar aproximadament el rang de temperatures que va adquirir el foc a partir dels materials que s'han fos en superar el seu punt de fusió.

Determinades les temperatures establertes durant l'incendi, un altre factor molt important és la velocitat del foc, ja que en funció d'aquesta es pot determinar si els accelerants (com els combustibles líquids) han tingut algun paper rellevant en l'origen i/o propagació de l'incendi.

Procedint a buscar l'origen i la causa que ha provocat l'incendi, cal estudiar en detall els diversos elements presents, així com les marques que el foc ha deixat degut al seu pas.

Pel que fa a l'exterior del vehicle cal saber que els elements més importants a destacar són la carrosseria i pintura, els pneumàtics i plàstics exteriors, i els vidres. L'estudi de cadascun d'aquests vindrà acompanyat de la presa d'anotacions rellevants en quant al seu estat, ubicació i característiques d'afectació. També serà de vital importància prendre fotografies que documentin visualment l'estat dels diversos elements del vehicle, per tal de poder fer molt més explicatiu i verídic, l'informe final.

Per tal de realitzar l'estudi exterior, primerament s'iniciarà amb la presa de fotografies de tot el conjunt del vehicle, en ordre, i seguint un mateix sentit. Per exemple, es pot iniciar la presa de fotografies exteriors des del costat del companyant, i seguint el sentit invers de les agulles del rellotge, fotografiant cadascun dels punts i angles del vehicle. Així mateix, sempre que sigui possible, és important prendre fotografies dels baixos del vehicle i del sostre, sempre i quant aquests puguin aportar informació rellevant per a l'estudi de l'incendi. D'aquesta manera es podran observar les afectacions generals que el vehicle ha patit degut a l'incendi.

Un cop realitzada la vista general del vehicle, es procedirà a estudiar l'exterior des de les parts menys afectades a les que més ho estan. D'aquesta manera es podran descartar diversos punts origen de l'incendi sense passar-ne cap per alt, fins a arribar a la zona origen del foc.

Així doncs, com ja s'ha comentat amb anterioritat, l'estudi de l'exterior del vehicle vindrà determinat bàsicament per:

- Estudi de la carrosseria i pintura
- Estudi dels pneumàtics i plàstics exteriors
- Estudi dels vidres

7.3.1 CARROSSERIA I PINTURA

Les afectacions exteriors del vehicle, sobretot pel que fa a la carrosseria i pintura de la mateixa, donen informació rellevant en quant al sentit del foc. Donat que en la gran majoria de vehicles l'estructura està feta d'acer recoberta per pintura, les marques i senyals trobades determinen aquelles superfícies que han estat en contacte amb el foc, i la estona que ho han

estat. D'aquesta manera, una superfície d'acer en contacte directe amb flames presentarà oxidació seca. La oxidació seca correspon a l'oxidació del metall que compon la superfície a partir de l'oxigen que es troba en l'aire. L'atac de calor ajuda d'una forma notòria que aquesta oxidació es dugui a terme.

Així mateix, si una superfície ha estat en contacte prolongat amb les flames i/o fums calents, aquesta presentarà zones de xapa viva, evidenciant la manca de pintura superficial, la qual s'haurà consumit durant la crema del vehicle. Com més estona una superfície rebí l'atac de flames i calor, més destacada serà la xapa viva, ja que els elements no metàl·lics s'aniran consumint o així com altres amb punts de fusió menors que els de l'acer, deixant a la vista la base metàl·lica de la superfície. Així mateix, si l'incendi és apagat amb aigua, l'afectació per oxidació serà més visible.

Cal tenir en compte que la carrosseria i altres elements del vehicle, els quals estan constituïts per materials metàl·lics com l'acer, són grans conductors del calor. D'aquesta manera, una superfície amb un punt local intens de calor, es pot veure afectada en el seu conjunt degut a la transmissió de calor per conducció.

En funció de si el foc s'ha iniciat en l'interior del compartiment del vehicle o en l'exterior, les marques i senyals seran diferents, destacant que l'incendi ha atacat al vehicle d'una forma o altre.

Atac des de l'interior

Si el foc ha atacat a la pintura des de l'interior del vehicle en punts locals, aquesta presentarà un aspecte amb encenalls sortits i intensos. Aquest fet es dona ja que la conducció de l'acer aporta una intensa calor a l'altra banda de la superfície (on hi ha la pintura) motiu pel qual fa que aquesta es desprengui degut a l'alliberament de gasos de la part interior de la pintura. Aquests gasos es confinen entre l'acer i la pintura formant bombolles que finalment acaben trencant-se, evidenciant doncs els encenalls mencionats.



Figura 19: Conseqüència del atac tèrmic des de l'interior d'una superfície. Font: CESVIMAP

Atac des de l'exterior

En aquest cas, al igual que en el cas anterior, la forta calor aportada des de l'exterior fa que la part interior de la pintura alliberi gasos formant bombolles i encenalls. Malgrat això, degut a la calor aportada sobre aquestes bombolles i encenalls, aquests es consumeixen, deixant a la marca d'atac de la calor sense encenalls destacats.

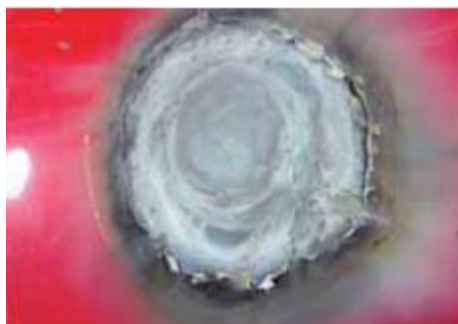


Figura 20: Conseqüència del atac tèrmic des de l'exterior d'una superfície. Font: CESVIMAP

7.3.2 ELEMENTS PLÀSTICS I PNEUMÀTICS

Els plàstics acostumen a tenir un punt de fusió baix, amb la qual cosa la correcta identificació dels mateixos permetrà a l'investigador saber les temperatures que l'incendi va arribar. Elements com els fars, els eixugaparabrises i elements aïllants en les juntes de les portes estan constituïts de plàstic.



Figura 21: Pneumàtic degradat per l'acció d'atac tèrmic. Font: CESVIMAP



Figura 22: Atac tèrmic d'un pneumàtic. Font: CESVIMAP

Els pneumàtics, per altra banda, són uns elements molt importants en l'estudi d'un incendi ja que poden comportar una carrega de foc considerable. Aquests necessiten d'un foc persistent sobre ells per a que s'incendiïn, no essent en la majoria de circumstàncies l'origen primari de l'incendi, però aportant gran quantitat de càrrega de foc un cop aquest s'ha desenvolupat.

7.3.3 VIDRES

Pel que fa als vidres, en un vehicle es poden trobar dos tipologies, en funció de la utilitat per a la que hagin estat fabricats.

Les llunes

Les llunes dels vehicles estan fabricades a partir de vidre trempat, el qual pot arribar a suportar variacions considerables de temperatura de fins a 200°C. Aquest tipus de vidre quan rep un impacte, es divideix en fragments molt petits i poc tallants.



Figura 23: Lluna fragmentada per impacte. Font: La web de seguros

El parabrises

El vidre del parabrises acostuma a ser de vidre laminat en la gran majoria de vehicles. El vidre laminat està format a partir de dos lamine de vidre unides entre sí d'un plàstic transparent de poli-vinil-butiral (PVB).

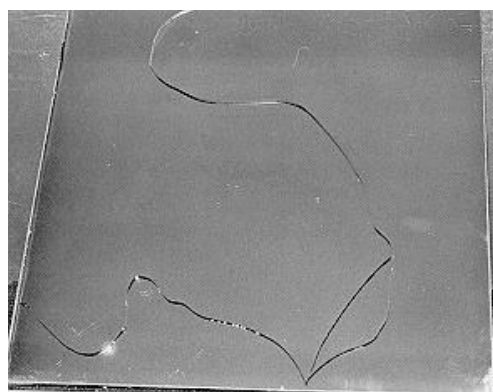
La gran característica d'aquest vidre és la seva flexibilitat. En cas d'impacte no es fragmenten en diminutes partícules, motiu pel qual afavoreix la seguretat dels integrants del vehicle. En cas que el vidre es trenqui, només ho farà per la zona afectada per l'impacte, deixant visible la resta del vidre.

No suporten bé els canvis de temperatura, ja que a partir de 90°C el vidre es comença a deteriorar.

Cal diferenciar l'atac que el vidre trencat ha rebut. Aquest atac pot haver estat per calor o per xoc mecànic. En el primer les formes de la fractura seguirien unes línies corbades sense girs pronunciats ni rectes. Per altre banda l'atac per xoc mecànic produiria unes fractures netes i rectes.



*Figura 24: Parabrises fragmentat per xoc mecànic.
Font: Taller JM Sanchez*



*Figura 25: Vidre fragmentat per xoc tèrmic. Font:
Nicolas S. Tato*

La posició dels vidres i la seva fusió o no indicarà les temperatures assolides durant l'incendi, i la direcció de l'atac que aquests han rebut. Caldrà mirar si aquests han estat afectats o no per el fum, havent d'estar afectats pel fum en cas que les finestres estiguessin tancades durant el transcurs de l'incendi. Aquest fet ens donarà informació sobre les corrents d'aire aportades durant l'incendi i la propagació del foc.

Si es troben les finestres trencades, sense marques de fum i presenten signes de fusió en els seus extrems, possiblement es tracti d'un incendi molt ràpid en el que s'hi ha vist involucrada la presència d'accelerants.

7.4 ESTUDI INTERIOR DEL VEHICLE

Pel que fa a l'estudi interior del vehicle, caldrà determinar tres zones bàsiques d'estudi, denominades compartiment motor, compartiment de passatgers, i zona de carga. Cadascun d'ells pot tenir elements que ens ajudin a entendre la dinàmica que el foc va seguir durant el transcurs d'un incendi.

Al igual que en l'examen exterior del vehicle, s'estudiaran inicialment aquelles zones menys afectades, per acabar prestant tota l'atenció a les parts més afectades per el foc. D'aquesta forma es tenen en compte tots els possibles orígens de l'incendi, i es van descartant aquells que no presenten evidències a mesura que es van estudiant.

7.4.1 COMPARTIMENT DE PASSATGERS

Canalitzacions, tubs, guarnicions, teixits, espumes, tapisseries, i moltes altres mes coses conformen el que seria el compartiment dels passatgers. Totes elles estan fetes de materials amb baix punt de fusió i amb una capacitat important d'encendre's i cremar amb facilitat. És per aquest motiu que ajudaran a l'investigador a conèixer el rang de temperatures que l'incendi va assolir, observant quins d'aquests materials va arribar o no a fondre's.

Cal dir també, que si una d'aquestes parts del vehicle s'arriba a incendiar, molt possiblement l'incendi es propagarà molt ràpidament per tot el vehicle, atès que els materials presents constitueixen una càrrega de foc molt important.

És molt important tenir present la distribució dels diversos elements en l'interior del vehicle per així poder entendre el significat de les marques i senyals provocades per el foc. Els diversos elements conductors que recorren per sota del quadre de comandament s'han de tenir molt presents a la hora d'estudiar l'incendi, així com saber si els diversos elements que configuren el vehicle, com ara els fars, els intermitents, i altres sistemes elèctrics, estaven encesos o apagats just abans de l'inici del incendi.

7.4.2 ZONA DE CÀRREGA

En funció del tipus de vehicle la zona de carga serà més o menys important. El motiu és obvi, ja que si es tracta d'una furgoneta o camió el qual carregui materials amb un perill d'inflamabilitat elevat, o que els materials que transporta siguin fàcilment inflamables, o bé que utilitzi sistemes de condicionament com neveres o altres serveis, l'estudi d'aquest compartiment haurà de ser més detallat, doncs es podria tractar d'un punt clau per a determinar l'origen de l'incendi.

7.4.3 COMPARTIMENT MOTOR I SISTEMA ELÈCTRIC

El compartiment motor i el sistema elèctric corresponen a dos dels elements més susceptibles a ser l'origen de l'incendi donades les seves característiques pel que fa a les temperatures de treball i presència d'elements inflamables, entre d'altres coses.

Cablejat

Per tal de determinar si l'origen de l'incendi ha estat causat per una averia de tipus elèctric com ara sobrecàrregues i curtcircuits, la inspecció del cablejat ajudarà a poder descartar o no aquesta hipòtesi.

Un cablejat que hagi patit una sobrecàrrega per ell, degut a una sobretensió, sobre intensitat o curtcircuit, presentarà evidències en tota la seva longitud, veient-se afectada notòriament la funda aïllant que envolta al conductor.

Quan es produeix una averia de tipus elèctric com les comentades en el paràgraf anterior, el conductor s'escalfa fins a temperatures molt més elevades per les que ha estat dissenyat. Aquest fet provoca que el conductor irradia calor cap al exterior. Tant és així que la petita capa d'aire que es troba entre el conductor i l'aïllant s'escalfa. En escalfar-se, l'aire s'intenta expandir, provocant una separació apreciable entre el conductor i l'aïllant en tota la longitud del cable. S'apreciarà doncs un buit de d'aire o la formació de bombolles d'aire en el cablejat un cop aquest fet hagi succeït.

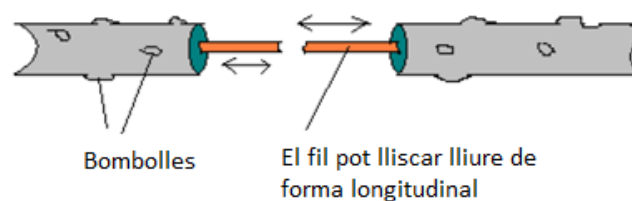


Figura 26: Formació de bombolles i efecte de buit en el cable. Font: Fundación Fuego

També presentarà evidències d'haver patit una averia elèctrica aquell cablejat que mostri un aspecte brillant sense restes carbonitzades d'aïllant adherides a ell, i que sigui dèbil en tota la longitud. El possible plàstic aïllant que encara hi sigui present mostrarà una carbonització en el seu interior, evidenciant les temperatures assolides. En cas que el cablejat hagués sigut atacat per un foc extern, el color del conductor seria fosc o fins i tot negre. El conductor no presentaria un aspecte brillant, i l'aïllant plàstic exterior es trobaria cremat i enganxat sobre el conductor. Així mateix l'afectació seria local i no en tota la longitud del cable.



Figura 27: Cablejat atacat per un foc extern. Font: CESVIMAP

Tanmateix, si l'averia elèctrica persisteix escalfant enormement el conductor de forma prolongada, el material aïllant exterior es podrà arribar a fondre o fins i tot a inflamar-se. Podent-se convertir doncs en origen de l'incendi.

En el cas dels curtcircuits, degut a les altes temperatures que es poden formar en els punts on han aparegut, es podrien arribar a produir boles o petites perles anomenades perlites, que delaten l'existència d'elevades temperatures en el conductor. Normalment aquestes perlites es queden adherides al conductor, però en determinades circumstàncies poden arribar a desprendre's d'aquest, entrar en contacte amb un material fàcilment inflamable, i començar a cremar-lo.



*Figura 28: Formació de perlites i observació de la brillantor del cable.
Font: ABP Investigación de Siniestros*

Cal dir que en determinats incendis es produeixen curtcircuits secundaris durant el transcurs de l'incendi, no essent aquests l'origen i la causa de l'incendi. En aquest cas, una vegada iniciat l'incendi, es pot apreciar com elements elèctrics del vehicle com el motor d'arrencada, el sistema d'apertura de les finestres, l'eixugaparabrises, l'intermitent, les llums i la botzina, es posen en funcionament sense estar la clau de contacte posada.

Fusibles

Totes aquestes averies elèctriques es desenvolupen, en part, per un mal funcionament del sistema de proteccions elèctriques com són els fusibles.

Els fusibles tenen la funció de tallar el circuit elèctric si per ells hi circula una intensitat superior per la que han estat dissenyats. D'aquesta forma si això succeeix, el filament interior del fusible es trenca, interrompent doncs la circulació de corrent elèctric i protegint el conjunt de sistemes elèctrics del vehicle.



Figura 29: Caixa de fusibles d'un vehicle. Font: Curiosoando.com



Figura 30: Exemple de fusibles. Font: Mercado Racing

La construcció de ponts en els fusibles o un sobredimensionat dels mateixos poden passar per alt una sobrecàrrega, desprotegit per complet el circuit elèctric, i permetent que la sobrecàrrega o curtcircuit tingui lloc en el vehicle, podent provocar doncs un incendi.

Serà doncs molt important comprovar la caixa de fusibles del vehicle en la investigació d'un incendi, per tal d'avaluar si s'han comès negligències o irresponsabilitats com l'ús de ponts en fusibles o sobredimensionat dels mateixos, i per comprovar (en cas de que el dimensionament fos correcte), si han realitzat la seva feina o no.

D'aquesta manera, un fusible que hagi realitzat la seva funció correctament, tallant la circulació de corrent elèctric pel circuit, fonent el filament metàl·lic del seu interior, encara que aquest fusible posteriorment sigui atacat per flames externes, es podrà observar com la unió del filament metàl·lic de l'interior no existeix.



Figura 31: Fusible cremat sense la unió interna del filament metàl·lic. Font: CESVIMAP

Per altra banda, en el cas dels fusibles que no hagin interromput el circuit elèctric, i per tant encara tinguin el filament metàl·lic del seu interior, si aquests fusibles són atacats posteriorment per flames, la unió mitjançant el filament metàl·lic encara continuarà en perfecte estat.



Figura 32: Fusible cremat amb la unió interna del filament metàl·lic. Font: CESVIMAP

Compartiment motor

Serà necessari conèixer la distribució inicial del motor per tal de determinar si ha estat en aquest on s'ha produït l'origen de l'incendi.

En el motor s'hi troben diversos elements que estan sotmesos a elevades temperatures capaces d'incendiar qualsevol líquid inflamable que s'hi dipositi damunt seu. Tant la cambra de combustió, com la culata, el turbocompressor i tot el sistema d'escapament de gasos seran d'enorme interès per tal de determinar si una possible fuga de líquid produïda per aquell entorn ha estat capaç de dipositar-se en alguna superfície calenta i originar l'incendi.

Conèixer l'estat dels maneguets, si eren de plàstic o no, l'antiguitat del vehicle per saber el deteriorament dels components, possibles reparacions anteriors a l'incendi, i altres tipus d'informacions, poden ajudar a l'investigador a plantejar les hipòtesis necessàries que l'ajudin a determinar la causa del incendi.

Així mateix, tan la bateria, com el motor d'arrencament, i l'alternador seran elements capaços de generar enormes quantitats de calor que puguin originar l'incendi a partir d'una averia d'aquests.

8 CAS PRÀCTIC

8.1 OBJECTIU DEL CAS PRÀCTIC

Després d'estudiar la teoria necessària per obtenir els coneixements que es requereixen a l'hora de realitzar una investigació d'incendi, és oportú aprofundir en el món de l'enginyeria forense estudiant un cas pràctic d'una investigació real de l'incendi d'un vehicle.

Aquesta investigació va ser realitzada per investigadors de l'empresa *ABP Investigación de Siniestros*, comptant també amb la meua col·laboració en la mencionada empresa.

Per motius de seguretat i de protecció de dades, no se'm permet proporcionar certes dades que puguin posar en risc a les persones afectades en aquest incendi, així com les entitats asseguradores.

NOTA: Totes les dades aportades en el següent informe són inventades amb l'objectiu de ser tractades com a cas pràctic en un treball de fi de grau. Qualsevol tipus de coincidència amb la realitat és pura casualitat.

8.2 DICTAMEN PERICIAL

Aquest dictamen pericial fa referència a la investigació d'origen i causa de l'incendi produït el dia 1 del mes de Gener, sobre les 22:30 hores, en el terme municipal de Sabadell, de la província de Barcelona. L'incendi es va produir en el camió de la marca MERCEDES model SPRINTER 515 CDI i matrícula 0000-ABC, quan aquest estava circulant per l'autopista.

8.3 OBJECTIU DEL DICTAMEN PERICIAL

L'objectiu principal d'aquest dictamen pericial és el de determinar, en la mesura del possible, l'origen i les causes de l'incendi que es va declarar el dia 1 del mes de Gener sobre les 22:30 hores en el vehicle de transport de mercaderies refrigerades de la marca MERCEDES model SPRINTER 515 CDI, amb matrícula 0000-ABC.

Aquest vehicle, prèviament a la declaració de l'incendi, estava sent conduït per la senyora "Carme" i el senyor "Josep", propietaris del taller de vehicles amb nom "Reparacions Josep i Carme", amb la intenció de fer les comprovacions pertinents del vehicle una vegada es va donar per finalitzada la reparació del seu motor.

A partir de les entrevistes realitzades a la senyora "Carme" i al senyor "Josep", socis i treballadors del taller de vehicles mencionat amb anterioritat, així com testimonis directes de l'incendi del vehicle; de la documentació sol·licitada; del material fotogràfic facilitat per ambdós testimonis durant el moment de l'incendi i també a partir de la inspecció tècnica ocular, s'ha procedit a efectuar la investigació del referit incendi.

8.4 METODOLOGIA UTILITZADA DURANT LA INVESTIGACIÓ

Per tal de realitzar la investigació del present incendi, aquesta s'ha basat en diversos documents i llibres, que aporta cadascun d'ells informació necessària i útil per explicar correctament la dinàmica que ha seguit aquest incendi. La relació dels llibres i documents emparats es presenta a continuació:

- Monografia d'INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS EN VEHÍCULOS de CESVIMAP [2].
- NFPA 921 sobre INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES [1].
- CURSO SUPERIOR DE INVSTIGACIÓN DE INCENDIOS de FUNDACIÓN FUEGO [3].
- KIRK'S FIRE INVESTIGATION de John D. DeHaan (sixth Edition) [5].

8.5 PLÀ D'ACTUACIÓ I ÀREA D'INVESTIGACIÓ

Es coneix com a treball de camp la feina que desenvolupa l'investigador en la zona de l'incendi, o en determinats punts on la cerca d'informació és vitalment necessària per a poder desenvolupar correctament la investigació.

En el cas de l'incendi que ens ocupa, un cop el vehicle es va cremar, després de l'extinció del foc i els corresponents tràmits que la policia i bombers van haver d'efectuar, el vehicle va ser traslladat al dipòsit del taller “Reparacions Josep i Carme” per al seu anàlisi i per a la seva inspecció tècnic-ocular per part dels investigadors que estiguin destinats a aquest cas.

Així doncs, per tal de dur a terme el treball de camp, els investigadors van haver-se de desplaçar fins al dipòsit del taller “Reparacions Josep i Carme”. Un cop allà es va procedir a la recollida d'informació estipulada a continuació:

- Recollir les explicacions facilitades per la senyora “Carme” i el senyor “Josep”, propietaris del taller mecànic on es va realitzar una reparació prèvia al incendi del vehicle, i conductors del vehicle sinistrat moments abans de l'incendi del mateix.
- Inspecció tècnic-ocular del vehicle sinistrat.
- Presa de fotografies, dades, observacions y altres consideracions necessàries per a desenvolupar la investigació, durant la inspecció tècnic-ocular del vehicle.
- Anàlisi de la documentació sol·licitada, ja siguin fulles d'entrada i sortida del taller, la factura de reparació del motor, etc...
- Investigació de les possibles causes de l'incendi.

A continuació s'adjunta una fotografia del dipòsit on el vehicle va ser traslladat després de l'incendi.



Figura 33: Lloc on es va realitzar el treball de camp

8.6 CIRCUMSTÀNCIES I ANTECEDENTS

8.6.1 EXPLICACIONS DELS TESTIMONIS I AFECTATS

Per tal de posar en situació els antecedents i les circumstàncies del vehicle sinistrat, caldrà conèixer el seu historial més recent per a poder determinar en la mesura del possible, si tenen alguna possible relació amb l'incendi que s'està investigant.

D'aquesta forma es presentaran les explicacions dels testimonis directes del sinistre, els quals representen també els mecànics que van realitzar l'última reparació del mencionat vehicle.

A continuació s'adjunten les explicacions facilitades per la senyora "Carme" i el senyor "Josep" e l'equip d'investigació d'ABP *Investigación de Siniestros*.

- La senyora "Carme" i el senyor "Josep" són matrimoni i propietaris del taller mecànic situat a Sabadell, i especialitzat en la reparació d'urgència de vehicles amb cambra isotèrmica, motiu pel qual els obligava a treballar fins i tot en dies festius, en el cas que haguessin de reparar algun vehicle. Aquest servei de reparacions d'urgència es feia per a cobrir les necessitats dels seus clients, els quals transportaven aliments, tenint que cobrir els seus viatges de forma continua per a que els aliments no es malmetessin.
- El vehicle sinistrat correspon a un camió amb cambra isoterma i equip de fred de la marca MERCEDES, model SPRINTER 515 CDI, amb matrícula 0000-ABC. Aquest vehicle va ser reparat 3 mesos abans del dia del sinistre per part del taller mecànic propietat de la senyora "Carme" i del senyor "Josep", així com el mateix dia de l'incendi per part dels mencionats mecànics.
- Tres mesos abans de l'incendi que s'està investigant, aquest vehicle va entrar al taller mecànics de la senyora "Carme" i el senyor "Josep" amb la finalitat de realitzar una reparació completa del motor. Segons la factura, els treballs que finalment es van realitzar en el vehicle van ser la reparació completa del motor, canviant-ne d'entre altres coses els 4 injectors, i l'equip de fred del referit vehicle.
- Posteriorment, temps després de la seva sortida del taller mecànic, el propietari del vehicle el va tornar a portar per a que els mecànics se'l miressin amb detall, ja que el camió s'ofegava en les pujades i no passava dels 80 km/h degut a que el turbo no actuava correctament.
- El taller va inspeccionar el vehicle, tallant un tram de la embocadura de la connexió de la vàlvula del turbo per sanejar-la donat que presentava fissures.
- Més endavant, el propietari del vehicle el va tornar a portar al taller, donat que encara no funcionava correctament, ofegant-se en les pujades i no passant dels 80 km/h. Per tal de solucionar el problema, el taller mecànic va substituir les dues vàlvules d'admissió (waste-gate) que corresponien als dos turbos amb els quals estava constituït el motor, donat que aquest era un motor bi-turbo.
- Realitzada la reparació, per tal de comprovar que el vehicle funcionava correctament, el dia 1 de Gener, sobre les 22:30 la senyora "Carme" i el senyor "Josep" van procedir a provar el camió, realitzant un recorregut de varis quilometres. Per fer-ho, no van muntar la tapa de plàstic del motor.

- Recorreguts pocs quilòmetres, a la altura del km 01 de la carretera AP-345, van començar a olorar pudor a cremat, estacionant immediatament el vehicle al voral de la carretera. Van procedir a obrir el capó del compartiment motor, lloc per on sortia fum i per on es podien apreciar grans flamerades esteses per la superfície del motor.
- Van procedir a donar avís al 112.
- No van poder apagar les flames ja que no disposaven d'extintors de foc i ningú va parar a ajudar-los.
- Passada una bona estona van arribar els BOMBERS així com els MOSSOS D'ESQUADRA.
- Degut a la retardada extinció del foc, aquest es va propagar des del compartiment motor fins a la cambra isotèrmica, passant abans per la cabina de passatgers. Així mateix, degut als líquids combustibles que es van dipositar al terra, el foc es va escampar per el voral, ocupant part de la calçada per on circulen els vehicles.
- Segons el senyor "Josep", en el moment que va començar a olorar pudor a cremat el vehicle funcionava correctament, no detectant ninguna alarma en el quadre d'instruments del vehicle, amb la qual cosa s'haguessin encès en el suposat cas que s'haguessin produït averies d'origen elèctric com curtcircuits o problemes en la bateria.

8.6.2 IMATGES APORTADES PER LA SENYORA CARME

En el moment de l'incendi la senyora Carme va realitzar diverses fotografies les quals mostren el moment en què el vehicle s'està cremant. A continuació se'n destaquen tres amb la corresponent anàlisi, útil per entendre la dinàmica que va prendre el foc durant la crema del vehicle.

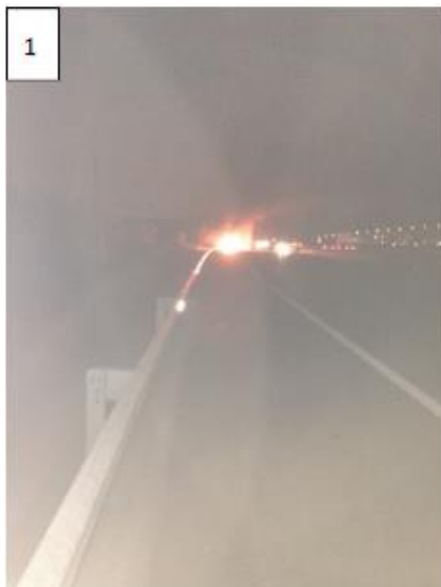


Figura 34: Observació del sentit del fum



Figura 35: Imatge durant l'incendi



Figura 36: Observació del sentit del fum i de la propagació del foc

Atès que la qualitat de les fotografies és baixa, així com la distància entre l'objectiu de la càmera respecte el vehicle incendiats és bastant allunyada, les imatges no deixen observar d'una manera clara la totalitat dels detalls. Malgrat tot se'n poden desprendre una sèrie de conclusions explicades a continuació:

- El vehicle sinistrat estava estacionat al voral de la carretera, cremant de forma contundent, amb unes flamarades esteses pel compartiment motor i la cabina (foto 1 i 2), així com per el terra (foto 3).
- Les enormes dimensions de les flames indiquen la severitat i contundència de l'incendi, a partir de les quals permeten explicar l'estat del vehicle un cop l'incendi va ser apagat.
- El fet de que el foc es propagués a nivells baixos, com n'és el cas del propi asfalt, evidencia la caiguda de líquids inflamables del propi vehicle al terra.
- En la fotografia 3 s'ha dibuixat una fletxa de color blau per indicar el sentit del vent en el moment de l'incendi. D'aquesta forma es pot apreciar com el vent atacava al camió lateralment, en sentit de dreta a esquerra (des del lloc de l'acompanyant al del conductor), propiciant a que l'evolució de l'incendi es desenvolupés en aquest mateix sentit.
- Finalment, també a partir de la fotografia 3, es pot veure que les flames dels líquids inflamables caiguts al terra es van estendre per la calçada, tallant la pràctica totalitat del pas per a la resta de vehicles.

8.7 TREBALLS DE CAMP DEL VEHÍCLE SINISTRAT

A partir de la inspecció tècnic-ocular realitzada per l'equip d'investigació de l'empresa *ABP Investigación de Siniestros*, s'han pogut prendre les fotografies i dades necessàries referents al vehicle sinistrat per tal de fer més comprensives les observacions i comentaris que s'explicaran a continuació sobre el possible origen i causa de l'incendi que s'està estudiant.

8.7.1 INSPECCIÓ TÈCNIC-OCULAR DEL VEHICLE

Com s'ha explicat en l'apartat teòric del present treball, per tal de realitzar una correcta investigació d'un incendi, cal avaluar cadascun dels punts que componen l'escenari d'un sinistre, actuant de fora cap endins, és a dir, començant tenint una visió global de l'entorn o exterior, i acabant amb una visió més detallada de cadascun dels elements interiors.

Així mateix no és convenient començar l'estudi de la investigació amb la part més afectada per l'incendi, així com buscar des d'un inici el punt origen per la mencionada zona. Es recomana encarar la investigació d'un incendi començant per les parts menys afectades fins a acabar aprofundint en aquelles que ho estan més. D'aquesta forma es van descartant possibles punts d'origen fins a arribar a aquella zona susceptible de ser l'àrea origen de l'incendi.

INSPECCIÓ EXTERIOR

Per tal de poder tenir constància de cadascuna de les parts del vehicle afectat, tal i com s'ha explicat en la part teòrica del present treball, en aquest apartat s'adjunta la relació d'imatges corresponents a la part exterior del vehicle, des de diferents angles i seguint el sentit contrari de les agulles d'un rellotge.

D'aquesta forma s'inicia el reportatge fotogràfic amb la imatge de la part exterior dreta del vehicle.

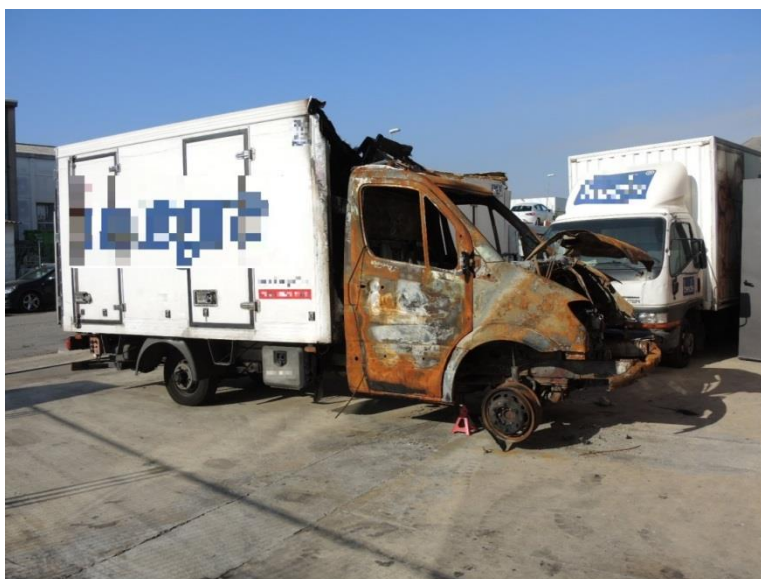


Figura 37: Part exterior dreta del vehicle

En ella es pot apreciar com el foc va actuar en els nivells frontals del vehicle, principalment en el compartiment motor i en la cabina, afectant també la cambra isoterma, però d'una manera més reduïda, en zones locals de la mateixa.

Els danys que es poden apreciar en les parts més baixes del compartiment motor i de la cabina, indiquen que durant el transcurs de l'incendi es van dipositar accidentalment líquids inflamables del propi vehicle, degut a la fuga d'olis del motor, gasoil, líquid de frens, etc., motivats pel deteriorament dels elements que els confinaven, produïda per l'atac de les flames i/o gasos calents del foc establert. Aquest deteriorament va reduir l'estanqueïtat dels elements que emmagatzemaven els diversos líquids inflamables, produint-se escapaments dels propis líquids, els quals es van dispersar per l'asfalt, establint-se doncs foc als nivells més baixos del vehicle. N'és un indicatiu la completa combustió del pneumàtic davanter dret, el qual ha hagut de ser atacat des d'un nivell baix ja que la calor tendeix a pujar. D'aquesta forma, si no s'haguessin dipositat líquids encesos en el terra, possiblement el pneumàtic no s'hagués cremat de la forma que ho ha fet.



Figura 38: Completa desaparició del pneumàtic davanter dret i severes afectacions al motor i a la cabina

En la imatge anterior es pot apreciar d'una forma més detallada la completa desaparició del pneumàtic degut a la severa combustió. S'observa també que les parts baixes del vehicle, com les parts plàstiques del para-xocs frontal, els fars, així com la reixa de ventilació, han desaparegut completament, degut a la seva baixa temperatura d'inflamació.

Així mateix, en la següent fotografia es pot reafirmar el que s'ha comentat amb anterioritat. El pneumàtic davanter esquerre també ha desaparegut completament degut a l'acció del foc, i les parts baixes del vehicle es mostren molt afectades.



Figura 39: Desaparició del pneumàtic davanter esquerra i afectacions severes al motor i a la cabina

La contundència de l'incendi ha estat severa, sobretot en el compartiment motor. Les deformacions i oxidacions patides pel capó mostren la contundència i energia calorífica soferta per aquesta zona del vehicle, establint-se una font important de calor en el motor. Tanmateix, l'oxidació de la part lateral esquerra del compartiment motor, així com la deformació d'aquesta, és molt més pronunciada que la de la porta del conductor i la de la cabina, ja que mentre en la carrosseria del compartiment motor es pot apreciar restes de xapa viva, en la porta encara es troben restes de la pròpia pintura del vehicle, amb la qual cosa la combustió en aquella zona no ha estat tant prolongada o durant tanta estona com la de la zona del compartiment motor



Figura 40: Afectació de la cambra isotèrmica

Per altra banda, la cambra isotèrmica ha patit danys principalment en les zones pròximes a la cabina, presentant oxidacions, deformacions, carbonitzacions i trencaments. Tot i això, en les zones posteriors del vehicle els desperfectes es redueixen notòriament, fins al punt de presentar petites deformacions i poca carbonització.

En la següent fotografia es reafirma lo dit, fins al punt de que en la part del vehicle més allunyada del compartiment motor la carbonització i deformacions d'aquest són gairebé inapreciables, conservant encara els dos pneumàtics posteriors, elements també com la matrícula, o altres parts funcionals del vehicle com les portes de la cambra isotèrmica o la plataforma elevadora.



Figura 41: Afectació nul·la a la part posterior del vehicle

En la fotografia que s'adjunta a continuació s'aprecia la conservació dels pneumàtics posteriors, així com la pràctica absència de danys a la part dreta de la cambra isotèrmica.



Figura 42: Part posterior dreta del vehicle en bon estat

Així doncs, després de realitzar l'examen exterior del vehicle sinistrat i atenent als desperfectes que aquest presenta, tant en la pintura com en la degradació de la mateixa, la carbonització i pèrdua de materials, les oxidacions i deformacions de la xapa, l'estat dels pneumàtics i les

llantes, i altres evidències que presenta el vehicle, es pot realitzar un plantejament sobre les superfícies que van estar en contacte amb el foc o amb els gasos calents produïts durant l'incendi, indicant també el sentit de propagació i la dinàmica que aquest va seguir, així com el temps d'actuació. Dit això, i respecte l'anàlisi que s'ha realitzat sobre les parts exteriors del vehicle, es pot decretar que l'origen del incendi es va produir molt probablement en l'interior del compartiment motor, propagant-se després cap a la cabina dels passatgers, atacant posteriorment a la cambra isotèrmica i a l'equip de fred. Tal i com es pot veure en les imatges, l'afectació principal es va produir en el costat esquerra del vehicle (costat del conductor) degut principalment per l'efecte del vent que existia durant el transcurs de l'incendi.

INSPECCIÓ INTERIOR

Tal com s'ha comentat anteriorment, un cop realitzat l'examen exterior, cal aprofundir en l'estudi de les parts interiors del vehicle, començant per la zona menys afectada per l'incendi, i acabant per aquella que ho està més. D'aquesta manera, es va procedir a estudiar els tres volums del vehicle d'una forma més exhaustiva, començant per la cambra isotèrmica, passant per la cabina dels passatgers, i acabant en el compartiment motor. D'aquesta forma s'intentava esgotar totes les possibilitats d'origen d'incendi abans de descartar-les.

Cambra Isotèrmica

L'estudi més exhaustiu de la cambra ens aporta la informació necessària per entendre la propagació de l'incendi, així com confirmar el que s'ha comentat en l'estudi exterior del vehicle.

La cambra isotèrmica va ser atacada per unes flames i/o gasos calents provinents de l'exterior provocant que aquesta es danyés de forma considerable, principalment en el costat esquerre del vehicle i fonamentalment per la part davantera, propera a la cabina.

Així mateix l'examen dels baixos presentava un aspecte molt danyat, degut principalment a l'atac d'un foc establert a nivells baixos, sobre l'asfalt, degut al despreniment de líquids inflamables del propi vehicle al deteriorar-se les canalitzacions que els confinaven durant l'incendi.



Figura 43: Afectació severa en els baixos del vehicle propers a la part davantera



Figura 44: Afectació severa en la junta entre la cabina i la cambra isotèrmica

Cabina

Pel que fa a l'estudi de la cabina les pròpies imatges evidencien la gravetat de l'afectació. Les espumes i teixits dels seients, així com els diferents tipus de plàstics que conformaven la tapisseria i guarnicions es van consumir totalment, contribuint de forma molt notòria en la càrrega de foc de l'incendi, afavorint al creixement i propagació d'aquest.



Figura 45: Cabina de passatgers greument afectada

Així mateix la cabina presenta una afectació generalitzada, no apreciant-se cap zona de màxima concentració puntual de calor, evidenciant doncs que aquesta es va veure afectada per l'acció d'un foc exterior. La presència de restes del parabrises en l'interior de la cabina, amb signes evidents de fusió, indicaven que l'incendi va ser ràpid i violent, arribant a elevades temperatures, essent necessària l'acció de líquids inflamables (com els que es poden trobar en el motor) per arribar a aquests extrems de velocitat de combustió. Arribats a aquest punt, es pot considerar que el foc provenia del compartiment motor, entrant doncs en la cabina per els forats dels pedals, les canonades d'aire condicionat, i des dels nivells baixos de la cabina a partir del desprendiment de líquids inflamables del propi motor que van caure a l'asfalt i es van incendiar, cremant doncs la part inferior de la cabina.

El cables elèctric presents en l'interior de la cabina mostraven afectacions externes produïdes per l'atac d'un foc exterior a ells, adquirint un color opac i no brillant, i no mostrant presència de perlites en la seva longitud, la qual cosa permetia descartar que l'origen de l'incendi fos causat per una averia elèctrica. Així mateix, els cables conductors del propi motor, tampoc mostraven una simptomatologia d'averia d'origen elèctric, amb la qual cosa es va poder descartar definitivament aquesta opció. A continuació es presenta una fotografia d'un conjunt de cables conductors elèctrics on es pot apreciar la uniformitat d'aquests:



Figura 46: Cables uniformes sense perlites ni símptomes d'haver patit una sobrecàrrega o curtcircuit

Observant l'estat del sostre de la cabina es pot apreciar que aquest es va deformar mitjançant una flexió cap al interior, provocada per les elevades temperatures en la que es va sotmetre durant el desenvolupament del incendi. Tot i això, atenent a la següent fotografia, es pot apreciar com el sostre no presentava casi oxidació.



Figura 47: Deformació del sostre de la cabina i poca oxidació

Després de fer l'estudi exhaustiu de la cabina i observar els danys que aquesta ha patit, es pot concloure que aquests eren més severs i accentuats en aquella zona més propera al motor, presentant una oxidació molt més accentuada que no pas en aquella zona posterior als seients dels passatgers o el sostre. Per tant aquest fet indica que l'incendi es va propagar des de el compartiment motor cap a la resta del vehicle.

Compartiment del Motor

Després d'observar que les evidències indicaven que l'origen de l'incendi estava confinat en el compartiment del motor, es va procedir a estudiar-lo amb profunditat per determinar la causa concreta del sinistre.

Aquesta zona del vehicle ha estat la última en ser estudiada ja que, com es pot veure en la següent fotografia, ha resultat ser la més afectada per l'incendi. El danys causats pel focus que es va establir en l'interior del compartiment motor van ser extremadament severos, tot i ser una zona on inicialment, abans de l'inici de l'incendi, es caracteritzava per la pràctica absència de materials inflamables, llevat dels recobriments de plàstic dels diversos cables conductors, així com el cautxú dels maneguets i restes de grassa o brutícia, no representant inicialment una càrrega de foc important.

Per tant, els danys ocasionats en tot el volum del compartiment motor reflecteixen que es va produir un incendi molt violent i estable, tant en l'interior del motor, com en les parts baixes del mateix degut al la fuga de líquids del propi motor (olis del motor, gasoil, refrigerant, etc.) i d'altres parts del vehicle (líquid de frens), els quals van contribuir en intensificar i estendre l'incendi.



Figura 48: Afectació molt greu en el motor amb la corresponent pèrdua de molts materials

En la imatge anterior es pot apreciar com l'incendi va causar la pèrdua de molts materials del motor, i va oxidar de forma molt intensa l'acer allà present, no conservant-se doncs cap tipus de material combustible. Degut a la fabricació en plàstic, el càrter va desaparèixer completament, ja que es va consumir durant l'incendi.

El càrter és un element indispensable del motor que tanca el bloc de forma estanca per la part inferior, i que actua com a dipòsit de l'oli del motor. Aquest dipòsit era útil per a la lubricació del motor. A partir d'aquí es pot arribar a la conclusió que una vegada iniciat l'incendi, el càrter

es va malmetre, alliberant una quantitat d'oli del motor que es va acumular al terra, encenent-se a partir de la presència de flames, atacant doncs el motor per la part baixa, consumint completament el propi càrter.

No obstant això, la part superior del motor presentava danys molt severos tot i no estar exposada directament a les flames establertes a nivell del terra, la qual cosa apuntava a que també es va produir alguna fuga, despreniment i acumulació de líquid inflamable, que en tal cas hauria de ser combustible (gasoil) fugat des de algun punt de la part superior del motor.



Figura 49: Part superior del motor afectada greument

Analitzant detalladament la culata del motor, la qual constitueix la part superior del motor que garanteix el tancament de les cambres de combustió, i dels injectors que permeten l'entrada del combustible a les mencionades cambres, s'observa que un dels 4 injectors presenta una oxidació molt considerable si es compara amb els altres 3, evidenciant que aquest va patir unes temperatures molt elevades i prolongades durant el transcurs de l'incendi. Aquest fet apunta l'escapament de gasoil per algun punt de l'injector, donant lloc doncs a la concentració puntual de calor observada.

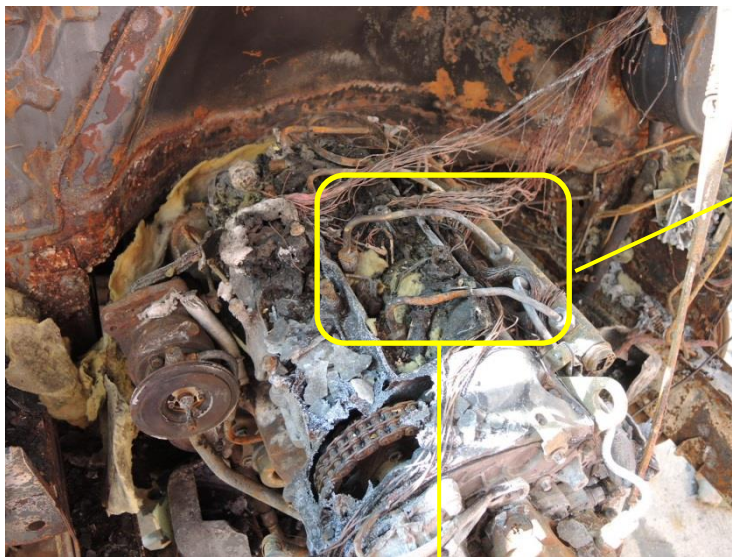


Figura 50: Imatge de dos dels 4 injectors

Dos dels quatre injectors amb els quals es composava el motor. Un d'aquests dos presenta una forta oxidació.

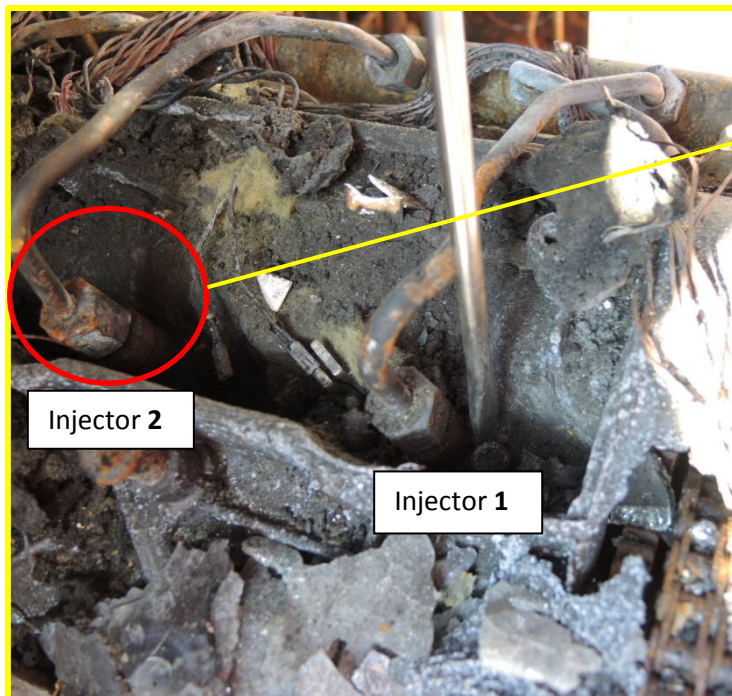


Figura 51: Diferència d'oxidació entre l'injector 1 i el 2

Es pot apreciar com el cap del injector número 2 presenta una oxidació més severa que no pas el cap del seu homòleg, indicant doncs que l'injector número 2 ha estat en contacte directe amb les flames durant un període de temps prolongat, motiu pel qual ha afavorit d'una forma notòria a la mencionada oxidació.

Així mateix s'ha pogut determinar que l'injector número 2 estava aixecat respecte el forat d'entrada per on s'introdueix, perdent l'estanqueïtat necessària, evidenciant la fuga de gasoil per la mencionada ranura.

Gràcies al examen exhaustiu que s'ha realitzat en el compartiment motor, s'han pogut determinar les superfícies que han estat en contacte directe amb les flames i/o gasos calent produïdes per l'incendi. A partir de les diverses marques i senyals observades en el propi motor, s'ha pogut extreure la informació necessària per entendre el sentit de la propagació principal, evidenciant que el punt origen de l'incendi es trobava en l'Injector 2 (notació segons la fotografia aportada anteriorment), donat que aquest presentava danys severos provocats per les elevades temperatures en les que es va veure involucrat, indicant doncs que va patir la pèrdua de gasoil degut a una mala estanquitat, provocant doncs la dispersió de gasoil pel motor, el qual en entrar en contacte amb alguna de les superfícies calentes de les que es compona el motor es va incendiar, provocant doncs l'origen de l'incendi.

Tot i que sembli evident, cal indicar que l'accentuat dany del Injector 2 no podia ser causat per unes flames establertes en un altre punt del motor, ja que la configuració i estructura d'aquest no permetien atacar als injectors d'una forma tant persistent com la que es va donar, atès que la pròpia configuració del motor confinava els injectors i evitava la seva exposició a la resta de flames. Així mateix la fuga de gasoil pel mencionat injector va haver de produir-se mentre el vehicle estava en marxa, ja que és durant aquells instants quan la bomba i el regulador de pressió treballen, subministrant el gasoil que els injectors introduiran a la cambra de combustió posteriorment. Per tant, si la bomba i el regulador de pressió no treballen, degut a l'aturada del vehicle, el subministrament de gasoil s'atura, interrompent-se així la fuga de gasoil.

Dit això i havent determinat que l'origen més probable de l'incendi es troba en l'injector número 2 degut a una pèrdua d'estanquitat i conseqüent fuga de gasoil, es van procedir a realitzar les comprovacions necessàries per corroborar les hipòtesis estudiades.

8.7.2 COMPROVACIONS I CONFIRMACIÓ D'HIPÒTESIS

Observació dels injectors

Es va procedir a l'examen dels injectors, observant que l'injector número 2 presentava unes anomalies més extremes que els altres 3. Es va decidir doncs extreure més endavant l'injector 2 i també l'injector 1 per tal de poder realitzar una comparativa sobre l'estat d'ambdós, i comprovar si realment l'injector 2 podria haver estat la causa principal de l'incendi.

Abans de l'incendi del vehicle, inicialment els injectors estaven sostinguts a partir d'un braç de subjecció i d'un cargol roscat que s'introduïa en la culata. Dit això, observant l'injector 1, s'aprecia com el braç de subjecció, així com el cargol roscat que el sosté encara es mantenen. Succeeix el mateix amb els altres 2 injectors que presenten un estat semblant al de l'injector 1.

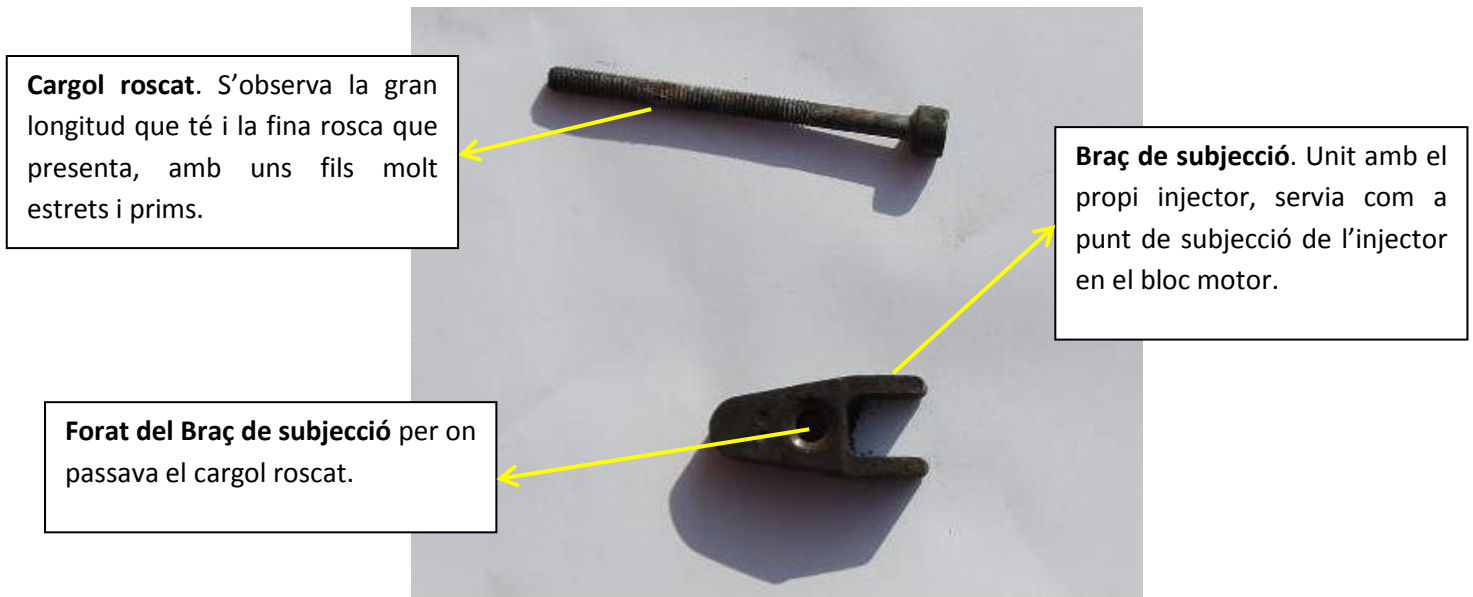


Figura 52: Cargol roscat i braç de subjecció

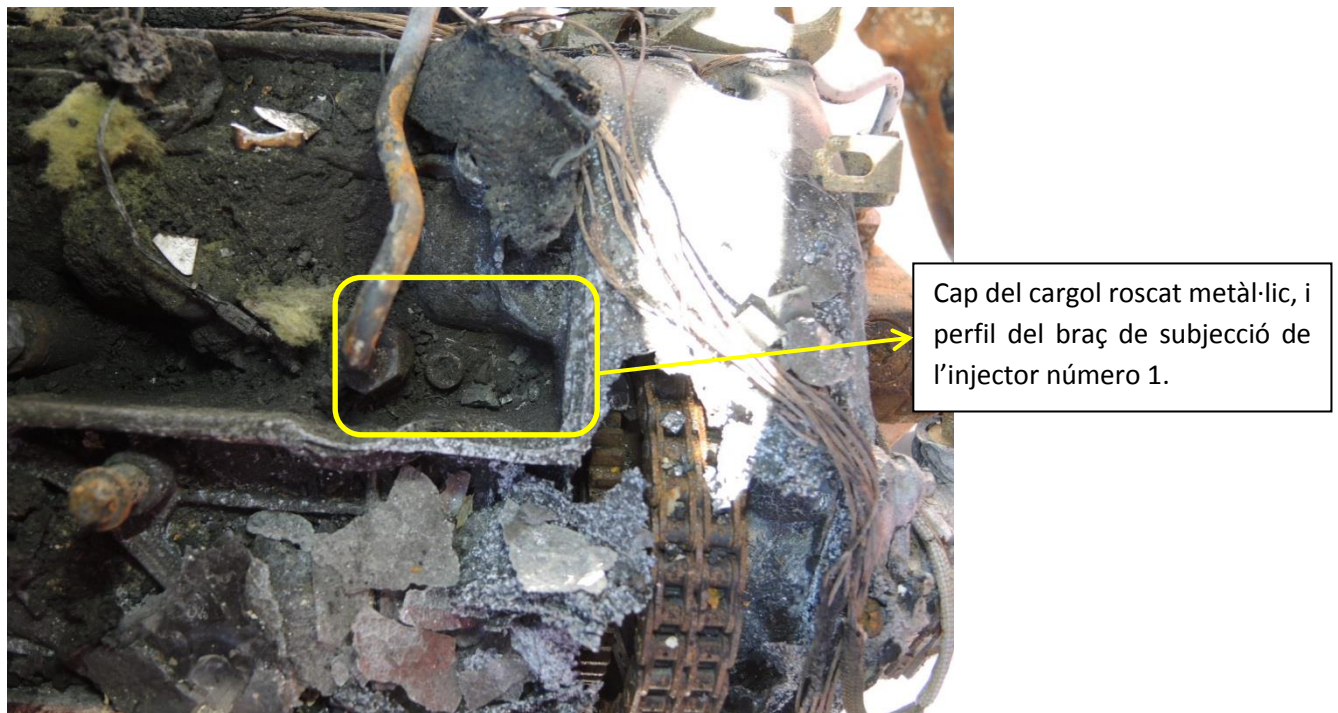


Figura 53: Cap del cargol roscat metàl·lic del injector 1

Per altra banda, observant l'injector més afectat per l'atac del foc, en l'injector 2 no s'aprecia la presència de cap cargol roscat ni del braç de subjecció del propi injector, evidenciant doncs que aquest va patir problemes de subjecció, permetent les fugues de gasoil, gasos calents i/o flames de la cambra de combustió per la ranura creada, desprenent-se pel cap de l'injector i per la culata, reflectint doncs que l'injector 2 era el punt origen de l'incendi. Per aquest motiu, al no trobar-se presents ni el braç de subjecció ni el cargol roscat, es pot intuir d'una forma bastant clara que el sistema de subjecció del injector número 2 es va arribar a desprendre en algun moment donat.



L'injector número 2 no presentava ni el braç de subjecció ni el cargol roscat metàl·lic.

Figura 54: Injector 2 sense braç de subjecció ni cargol roscat

Extracció de les línies hidràuliques

Per tal de poder realitzar un examen comparatiu dels injectors, es va procedir a examinar i documentar ambdós d'una forma més exhaustiva, desacoblant prèviament les línies hidràuliques que comunicaven els injectors amb el rail comú [Annex 2: Rail Comú]. Cal dir que els maneguets de tancament de les línies hidràuliques dels injectors estaven ben collades i no presentaven cap tipus de deficiència.

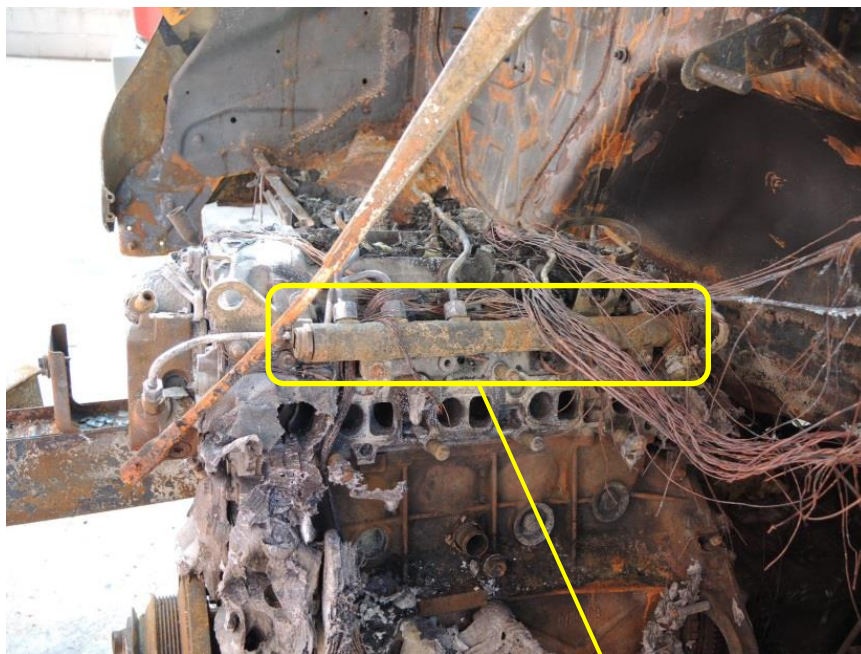
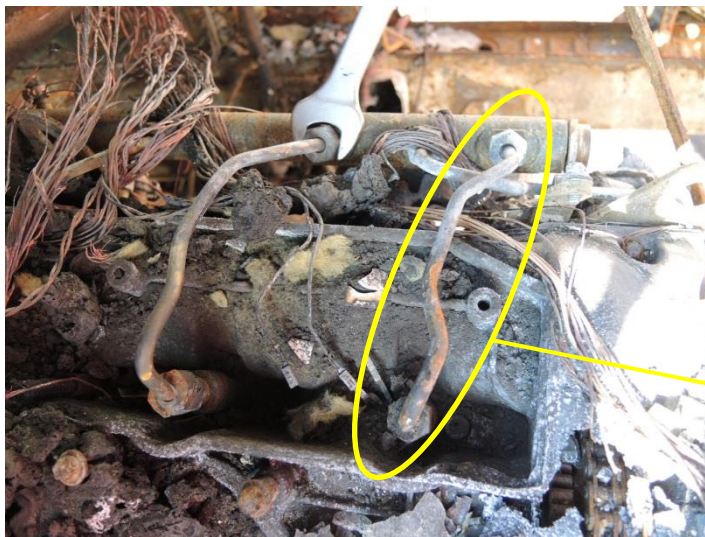


Figura 55: Rail comú

Rail Comú. Distribueix el combustible a través dels 4 injectors del motor.



Figura 56: Extracció de la línia hidràulica



Línia hidràulica. Comunica el gasoil des del Rail Comú fins a l'entrada de cadascun dels injectors.

Figura 57: Línia hidràulica

Extracció dels injectors

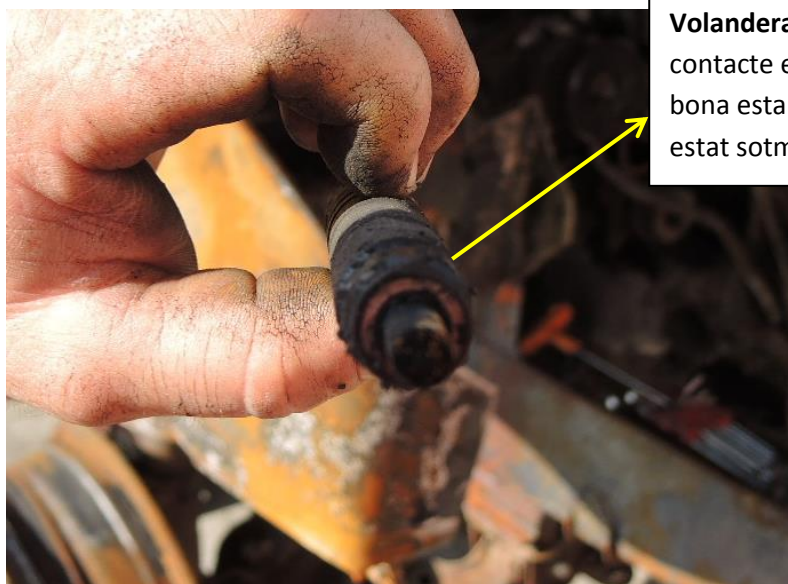
Extretes les línies hidràuliques i comprovades de forma visual que aquestes no presentaven anomalies, es va procedir a extreure l'injector número 1 i el número 2, per així poder comparar els estats dels dos, i determinar si efectivament l'injector numero 2 va poder ser la causa de l'origen de l'incendi.

Inicialment, al estar fàcilment accessible, es va extreure l'injector numero 1, observant que aquest es presentava amb tots els elements amb els quals es compona, com és el propi injector, el braç de subjecció i el cargol roscat. Així mateix no presentava anomalies destacables, mencionant també que encara mantenia la volandera de junta amb una zona neta, evidenciant que aquesta va estar en contacte amb el seu allotjament, no patint doncs problemes d'estanquitat. S'adjunten a continuació les fotos referents a les explicacions comentades.



Injector número 1 en bon estat.
Encara presenta el braç de subjecció, el cargol roscat i la volandera.

Figura 58: Injector número 1



Volandera . La seva superfície de contacte es manté neta degut a la bona estanquitat a la qual ha estat sotmesa.

Figura 59: Volandera neta

Com es podrà apreciar en les imatges que s'adjunten a continuació, el cargol roscat de l'injector número 1 no presentava cap tipus de desperfecte apreciable visualment. Es mantenia en la seva totalitat, destacant la seva considerable longitud i fina rosca.



Figura 60: Cap del cargol metàl·lic roscat



Figura 61: Cargol roscat

A continuació es va procedir a extreure l'injector número 2. Com s'ha comentat anteriorment aquest no presentava ni el braç de subjecció ni el cargol roscat, evidenciant una falta de subjecció molt greu que va propiciar la fuga de gasoil, gasos calents i/o flames per la ranura establerta, motivant la dispersió de combustible per la superfície del motor. Aquesta absència del braç de subjecció i del cargol roscat reflectia que possiblement es van desprendre en algun moment donat mentre el vehicle estava en marxa, ja que sense ells el vehicle hagués presentat problemes per arribar des del taller fins al lloc del sinistre.

Lògicament el gasoil dispersat per la superfície del motor, en entrar en contacte amb alguna superfície calenta, es va encendre sense presència de flama, superant doncs la seva temperatura d'autoinflamació i causant un incendi molt sever i violent.

En extreure el mencionat injector es va poder observar que presentava una rellevant oxidació en tot el seu cos, evidenciant que va estar sotmès a unes temperatures elevades durant un període de temps prolongat, degut al contacte amb flames o gasos calents de forma persistent. En la següent fotografia s'aprecia la intensa oxidació que l'injector número 2 va patir.



Injector 2. Es pot apreciar la severa oxidació que va patir en tota la seva superfície.

Figura 62: Oxidació greu en l'injector 2

Per tal de poder facilitar l'anàlisi comparatiu entre els dos injectors, es va procedir a apropar els dos injectors extrets per apreciar de forma més rellevant les diferències en quant a estat d'oxidació d'ambdós.



Figura 63: Comparació entre l'injector 1 i l'injector 2

En la fotografia anterior es pot observar com l'injector número 2 presentava una oxidació molt més accentuada que no pas la de l'injector número 1, el qual no tenia cap tipus d'anomalia a destacar.

Tal i com sí que presentava l'injector número 1, en l'injector número 2 no s'apreciava la volandera d'unió de la tovera, reflectint que aquesta es va desprendre o trencar degut als cops que va patir contra el fons de l'allotjament de l'injector número 2 degut a les fortes vibracions produïdes com a conseqüència de la mala subjecció del mencionat injector. Les restes de la volandera segurament van quedar dipositades en el fons de la inserció per on s'introdueix l'injector, o fins i tot podrien haver entrat a la cambra de combustió. A continuació s'observa la oxidació que va patir la zona per on s'hauria d'haver torbat la volandera, indicant que aquesta va quedar exposada a l'atac de les flames, com a conseqüència de la ranura produïda per la mala subjecció de l'injector. Així mateix no s'observa la presència de la mencionada volandera.



No s'aprecia la volandera de l'injector número 2. La zona on hauria d'estar, presenta una oxidació severa, indicant que ha estat en contacte amb el foc i/o gasos calents.

Figura 64: Injector 2 sense volandera

Inspecció dels forats roscats

Extrets els injectors i havent comprovat que el sistema de subjecció de l'injector número 2 podria ser la causa més probable que originés el desprendiment de gasoil pel compartiment motor, es va decidir realitzar una inspecció acurada dels forats roscats per els quals s'introduïen els cargols roscats que subjectaven l'injector a partir del braç de subjecció.

En fer-ho es va observar que el forat roscat corresponent a la inserció del cargol roscat de l'injector 2 tenia un “*Helicoil Insert*” en el seu interior.[Annex 1: Helicoil Insert]



Figura 65: Presència d'helicoil



Figura 66: Presència d'helicoil

“L’*Helicoil Insert*” trobat en el forat roscat i utilitzat per subjectar el cargol roscat metàl·lic del sistema de subjecció de l'injector, era similar al de la fotografia que s'adjunta a continuació. Es

pot apreciar com la seva longitud es molt més reduïda que no pas la del cargol roscat, tal i com s'aprecia en la fotografia adjuntada en l'apartat anterior.



Figura 67: Helicoil com el trobat en el vehicle

El fet de trobar la presència d'un "Helicoil Insert" en l'interior del forat per on s'inseria el cargol roscat metàl·lic de subjecció de l'injector número 2, indicava que el mencionat forat es va haver de reparar ja que segurament els fils que composaven la rosca del mencionat forat s'haurien malmès, com a conseqüència d'una passada de rosca, no podent roscar correctament el cargol metàl·lic. Així mateix, la mencionada reparació també hauria pogut estar motivada per la fractura del cargol inserit en el forat roscat, no sent possible la seva completa extracció de l'interior del forat, havent d'utilitzar una broca per tal d'eliminar-lo.

Per tal de poder eliminar el cargol de l'interior del forat, o bé tornar a fer la rosca per corregir els fils malmesos, es necessitava perforar el forat a partir d'una broca amb un diàmetre superior. Posteriorment a la realització d'un forat amb diàmetre més gran, es requereix realitzar un procediment de roscat per tal d'equipar el nou forat amb una rosca. Tot i que aquesta feina de realitzar una rosca nova en un forat s'hauria de fer en una rectificadora de motors, també es pot realitzar aquest procés en el propi taller mecànic, amb el conseqüent estalvi econòmic que això comporta.

8.7.3 CAUSA DE L'INCENDI

Un cop realitzada la inspecció tècnic-ocular del vehicle, seguint el procediment previst d'estudiar el vehicle des de les parts menys danyades a les que més ho estan, i aprofundint a l'observació més detallada de les zones susceptibles a ser l'origen de l'incendi, es va poder determinar finalment què va ser el que el va causar.

Degut a una mala subjecció de l'injector número 2, provocada principalment per un deficient ajustament del cargol en el forat roscat, en el qual anteriorment se li havia realitzat una reparació, tal i com ho demostra la presència d'un "Helicoil Insert" en el propi forat. Degut a aquest mal ajustament del cargol, aquest es va començar a desprendre del forat, afluixant lògicament tot el conjunt de subjecció de l'injector número 2, que en combinació amb l'empenta que patia per les altes pressions que procedien de les explosions produïdes dintre de la cambra de combustió durant el funcionament del motor, i de les vibracions provocades

per el moviment del propi motor i del vehicle, el conjunt de subjecció es va anar desprenent, provocant la sortida de l'injector del forat roscat en el que havia d'actuar.

Per tal de garantir una correcta estanqueïtat entre l'injector i la culata, evitant així la fuga de gasoil, gasos calents i/o flames procedents de la cambra de combustió, existia una volandera en la punta de l'injector la qual actuava contra el fons de l'allotjament en el qual aquest es trobava. Aquesta volandera estava sotmesa a elevades pressions gràcies al sistema de subjecció del propi injector, garantint així l'estanquitat necessària.

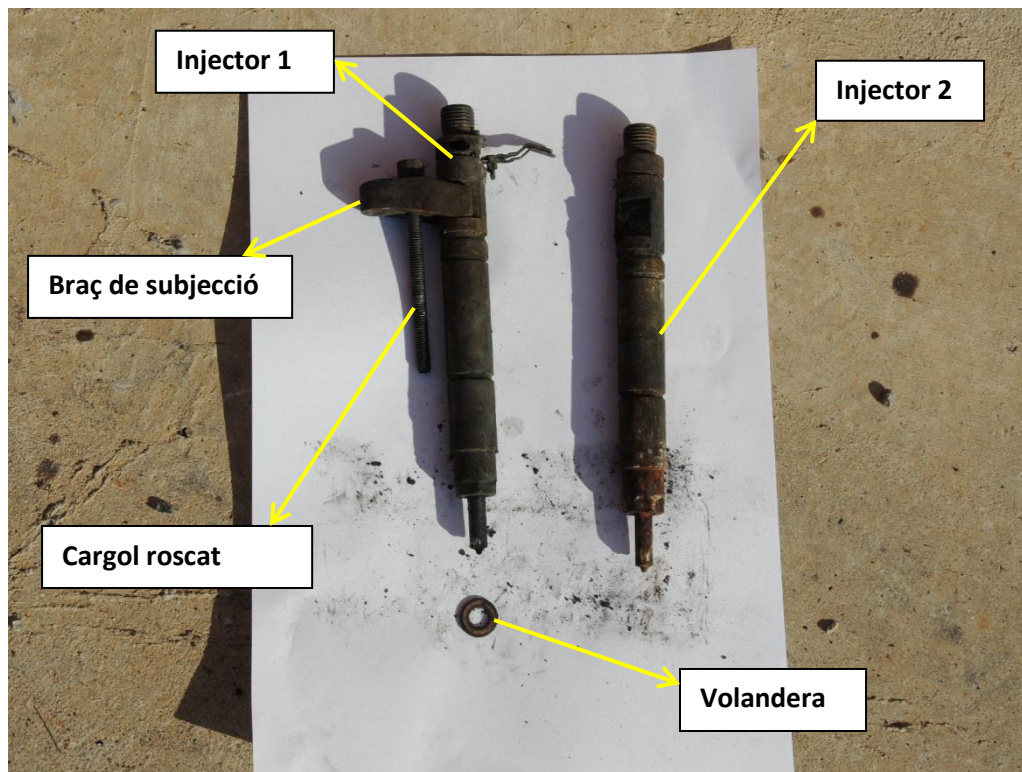


Figura 68: Característiques dels dos injectors extrets

Aquesta mala subjecció de l'injector número 2, provocant també la pèrdua d'estanquitat entre la unió de l'injector i el fons del forat, va produir l'obertura d'una ranura causada pel desprendiment de la volandera, per la que es van poder escapar gasoil, gasos calents i/o flames des de l'interior de la cambra de combustió fins al compartiment motor. Aquest gasoil que es va desprendre, es va poder escampar per varies parts del compartiment motor, especialment per la seva part superior, fins a arribar a entrar en contacte amb alguna superfície calenta amb una temperatura lo suficientment alta com per escalfar el gasoil per sobre de la seva temperatura d'auto-ignició, provocant així que aquest s'encengués sense una presència inicial de flama, iniciant-se un incendi molt violent i estès accidentalment per tot el compartiment motor.

Possiblement el gasoil estès arreu del compartiment motor es deuria encendre en acumular-se a prop o bé sobre del col·lector de gasos d'escapament, el qual es trobava ubicat en el lateral dret de la culata i estava fabricat en fundició de ferro, arribant a temperatures superficials d'entre 400 i 500°C o fins i tot temperatures superiors.

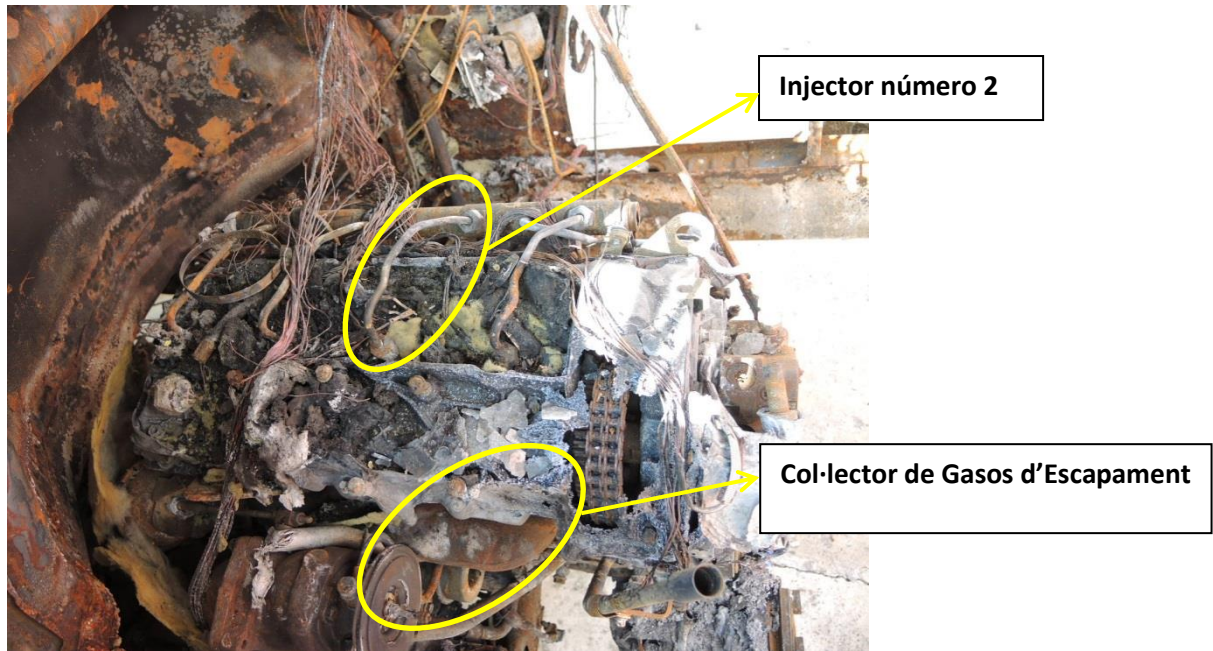


Figura 69: Col·lector dels gasos d'escapament

Tal i com mostra la Fitxa Internacional de Seguridad Química obtinguda del INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO del MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL del GOBIERNO DE ESPAÑA, una copia de la qual s'adjunta en l'ANNEX 3: Fitxa internacional de Seguretat Química, tenint en compte per un costat que la temperatura d'auto-ignició del gasoil està compresa entre 254 °C i 285 °C, i que el col·lector de gasos d'escapament pot arribar a temperatures compreses entre 400 °C i 500°C, és evident que si una certa quantitat de gasoil entrés en contacte amb el mencionat col·lector durant un cert temps, el gasoil s'auto-inflamaria sense presencia de flama. Així mateix, no es descarta que el gasoil fugat i acumulat en el compartiment motor també s'hauria pogut encendre al entrar en contacte amb els gasos calents i/o flames fugades per la ranura de l'injector número 2.

Establert el foc primari de l'incendi, les flames es van propagar per l'interior del compartiment motor, especialment per la part superior, propagant-se després per les parts inferiors del mateix, per la cabina, i també per la cambra isoterma. Així mateix, els líquids inflamables que es troben en les diverses cavitats del motor, com l'oli del motor, el gasoil, els líquids de frens, olis de la caixa de canvis, refrigerants, i altres, es van desprendre degut al deteriorament de les canalitzacions que els confinaven, contribuint doncs a augmentar i estendre la carrega de foc als voltants de les rodes davanteres, les quals també van contribuir en la propagació de les flames. Tant els líquids com les rodes van establir un foc secundari en el nivell del terra, causant danys molt importants en les parts baixes del motor i de la cabina.

9 IMPACTE AMBIENTAL I SOCIAL A L'ENTORN

Cada cop i amb major mesura la societat s'està conscienciant dels danys i impactes que les activitats humanes provoquen a l'entorn en el que actuen. Moltes són les normatives i lleis que s'estan intentant posicionar en favor de preservar els entorns naturals, a partir del control de la contaminació i impactes ambientals de determinades activitats.

Sense anar més lluny, tot projecte dut a terme per qualsevol persona genera uns impactes tant socials com ambientals necessaris de ser estudiats. Per aquest motiu, a continuació es procedeix a desglossar el llistat d'activitats realitzades durant la creació d'aquest projecte, per així determinar quins han estat els efectes que han incidit en l'entorn en el qual es troben.

9.1 DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE

Aquest projecte s'emmarca dins l'estudi de les tècniques requerides per realitzar una correcta investigació d'un incendi, aprofundint aquest aspecte en les investigacions dels incendis en vehicles. S'ha realitzat una part pràctica consistent en la investigació d'un incendi real.

9.2 CARACTERISTIQUES DEL PROJECTE

Donat que aquest projecte consisteix en un estudi de les diverses tècniques i coneixements necessaris per tal de desenvolupar una correcta investigació d'un incendi, centrant la investigació en els casos d'incendis en vehicles, s'ha considerat que la part teòrica d'aquest projecte s'ha desenvolupat en bona part a partir dels recursos informàtics com ara el propi ordinador, el qual ha aportat les eines de redacció, retoc de fotografies, i cerca d'informació.

Altrament, la part pràctica del projecte es va desenvolupar a partir del treball de camp de l'incendi estudiat, essent necessaris els recursos de vehicle de transport, càmera de fotografies, equipament de l'investigador, i ordinador per tal de realitzar correctament aquesta tasca.

9.3 IDENTIFICACIÓ DELS IMPACTES

Com s'ha comentat anteriorment, aquest projecte de fi de grau s'ha realitzat en gran mesura a partir de l'ordinador portàtil, essent aquest un impacte ambiental bastant reduït pel que fa a emissions de CO₂. De totes formes, donat que va ser necessària la utilització d'un vehicle de transport fins al lloc del sinistre per tal de realitzar les fotografies proporcionades en la part pràctica d'aquest treball, s'ha de considerar també les emissions de CO₂ produïdes durant el mencionat viatge.

9.3.1 IMPACTES POSITIUS

Donat que la tasca realitzada en qualsevol tipus d'investigació recau en la importància de conèixer l'origen i la causa de l'incendi estudiat, aquesta informació sobre el causant real del foc permetrà realitzar tasques futures pel que fa a la prevenció, evitant així futurs incendis. Així doncs, la realització de qualsevol tipus d'investigació per trobar l'origen i la causa de

l'incendi estudiat, produirà un efecte positiu tant pel medi ambient com per a la societat, reduint doncs futures emissions de CO₂ provocades per futurs incendis que no es produiran gràcies a la correcta prevenció, i millorant la qualitat de vida de la societat, restringint els elements susceptibles d'originar un incendi i garantint un correcte funcionament dels recursos preventius utilitzats en cas que l'incendi es produeixi.

9.3.2 IMPACTES NEGATIUS

Evidentment, com ja s'ha comentat anteriorment, tota realització de qualsevol projecte comporta unes efectes negatius sobre el medi ambient, degut al consum d'electricitat o d'altres elements, repercutint en unes emissions de CO₂ a l'entorn. Tenint en compte que el projecte s'ha realitzat bàsicament a partir del treball amb l'ordinador, i també a partir del treball de camp realitzat el dia de la investigació, les dos fonts més importants d'emissions de les que consta el projecte són el consum d'electricitat, i el consum de dièsel.

Així doncs s'observen les quantitats de CO₂ emeses a l'aire a partir dels càlculs que s'adjunten a continuació.

- **Impacte ambiental en l'ús de l'ordinador**

A partir de les dades publicades per la Secretaria d'Estat en Energia [11], en les quals s'indica que el valor d'emissió de CO₂ per kWh produït és de 0,33 kg de CO₂/kWh, i tenint en compte que l'ordinador amb el que s'ha realitzat aquest projecte correspon a un SAMSUNG R540 amb una potència elèctrica de 60W, si es té en compte que les hores dedicades a la cerca d'informació i a la redacció completa del treball en l'ordinador s'estimen en 140 hores, els kWh consumits durant aquesta part del projecte han estat de 8,4 kWh. A aquest efecte, si es té en compte l'aproximació de considerar igual l'energia produïda a la consumida, depreciant doncs les pèrdues del transport, la quantitat de CO₂ alliberat al medi ambient a partir de l'ús del ordinador portàtil ha estat de 2,772 kg de CO₂.

- **Impacte ambiental en l'ús del cotxe**

Donat que per realitzar els treballs de camp durant el procés d'investigació realitzada en la part pràctica d'aquest projecte, va resultar necessari realitzar el desplaçament fins el lloc on es localitzava el vehicle sinistrat mitjançant un cotxe particular, serà necessari calcular la quantitat de CO₂ emesa durant aquesta part del projecte.

Segons indica un document del *MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE* [12], s'estableix una relació entre els quilograms de CO₂ emesos i els litres de dièsel consumits, la qual correspon a 2,471 kg de CO₂/litre. Tenint en compte que la localització del lloc on es va realitzar la investigació de l'incendi es trobava a 70 km del punt de partida de l'empresa, i que el cotxe amb el qual es va realitzar el viatge té un consum mig de 6 litres cada 100 quilòmetres, es van consumir aproximadament 8,4 litres de dièsel, emetent doncs una quantitat de 23,02 kg de CO₂ durant el viatge d'anada i tornada per realitzar la investigació.

10 CONCLUSIONS

Després d'aprofundir en la temàtica relacionada amb l'enginyeria forense, fent total èmfasi en aquells sinistres relacionats amb el foc, els quals representen incendis causants de nombroses pèrdues naturals, materials i fins i tot humanes, s'han estudiat varies tècniques i coneixements necessaris que qualsevol investigador d'incendis ha de tenir absorbits per treballar de la forma més natural i eficaç en qualsevol de les investigacions amb les que s'enfronti.

La utilitat de la investigació dels incendis podria haver estat passada per alt si no hagués estat per la voluntat que té l'especie humana de seguir millorant i coneixent tot allò que els envolta. Ser capaços de conèixer quins són els factors primordials responsables de desenvolupar incendis incontrolables poden ajudar a la societat especialitzada en aquesta temàtica, a prevenir de forma adequada futures catàstrofes, i a controlar de la manera més eficaç i segura aquells incendis que es puguin produir, reduint així les quantioses pèrdues, i millorant el nivell de seguretat dels elements que ens envolten.

Aquest projecte ha intentat aplicar diversos conceptes apresos en el món de l'enginyeria per tal de conèixer una de les branques menys conegudes dintre d'aquesta família. Així, s'ha intentat aprofundir en els aspectes més remarcables que s'han estudiat en aquesta carrera i que es relacionen de forma molt directa amb les investigacions dels incendis. Les característiques dels materials, fenòmens de transferència de calor, fenòmens elèctrics i altres temes explicats en el treball, han servit com a base per introduir el propòsit d'aquest projecte, el qual era aprendre tècniques i metodologies utilitzades en les investigacions d'incendis.

S'han conegut aspectes importants pel que fa als escenaris de treball d'un investigador d'incendis, la dificultat que comporta determinar l'origen i la causa d'un incendi, i la necessitat de cercar la màxima informació possible per tal de conèixer de bona manera cadascun dels casos amb els que s'enfronta. D'investigacions d'incendis no n'hi ha dos iguals, motiu pel qual atorga un major grau de dificultat a aquest ofici, essent necessària la constant formació per tal de tenir un coneixement multi-disciplinar en diversos àmbits del sector de l'enginyeria.

En el cas que ens ocupa, aquest projecte ha comptat amb la presència d'un cas pràctic real, el qual corresponia amb un incendi ocorregut en un vehicle. S'ha observat la necessitat de la recollida de material fotogràfic i de la presència casi obligatòria de l'investigador en l'escenari del sinistre. D'aquesta manera, el propi investigador podrà realitzar la presa de fotografies necessàries per tal de poder determinar en la mesura del possible la causa principal del incendi.

En una investigació serà necessari l'estudi de tots i cadascun dels punts que envolten l'escenari de l'incendi, així com estudiar els diversos actors que hi intervenen. Començar a estudiar l'exterior d'un incendi, des de les parts menys afectades a les que més ho estan, permetran al investigador descartar possibles orígens i causes del sinistre, fins a arribar a aquella zona més susceptible de ser la causant de l'incendi. Durant aquest procés, l'observació de les marques i senyals generats pel foc i pels gasos calents, així com les marques del fum produït durant la combustió dels diversos materials, ajudaran al investigador a conèixer de bona manera la dinàmica que el foc va seguir durant l'incendi.

Molt important tenir en ment les diverses fons de calor que podien haver estat presents abans i durant l'incendi, estudiant correctament l'escenari per determinar si aquestes podrien ser capaces d'encendre qualsevol dels materials present en l'escenari del incendi.

Així doncs, després d'estudiar un cas pràctic real s'ha pogut observar la complexitat de la temàtica estudiada. Tenint en compte que aquest cas es tracta d'un incendi produït en un vehicle, si s'extrapola l'incendi en un escenari d'unes dimensions majors, com podria ser una nau industrial, la necessitat d'estudiar les marques i senyals produïdes pel foc i pels gasos calents augmenta de forma exponencial, doncs les zones d'inici d'un incendi podrien no ser tant evidents com seria el cas d'un vehicle, on majoritàriament la concentració de fons de calor es situa en el motor. Per tant, tenir coneixement dels diversos aspectes relacionats amb la transferència de calor, les marques i senyals d'aquesta i els materials presents en l'escenari d'un incendi són factors clau, que poden ajudar a assolir l'èxit en una investigació.

11 COSTOS DEL TREBALL

Aquest projecte es desenvolupa en l'àmbit de l'estudi de les tècniques requerides pels investigadors dels incendis, així com els coneixements que han de posseir per tal d'afrontar amb un alt grau d'èxit qualsevol investigació que realitzin.

Dit tot això, per tal de realitzar una valoració global sobre els costos totals que ha requerit la realització d'aquest projecte, cal tenir en compte diversos punts remarcables pel que fa a les despeses dels elements utilitzats durant el projecte, el sou del projectista encarregat del treball, l'electricitat requerida i el combustible gastat, entre d'altres factors.

11.1 RECURSOS HUMANS

D'entre els varis punts que s'han considerat en destaca el sou del projectista en qüestió, el qual s'estima a partir del seu sou segons les hores treballades. Tenint en compte que la part de redacció del projecte s'ha considerat de 140 hores, mentre que la formació i cerca d'informació s'ha considerat de 80 hores, es pot arribar a la conclusió que el total d'hores treballades per aquest projectista han estat de 220. D'aquesta manera, tenint en compte que el sou mig d'un enginyer junior recau en 20 €/hora, es pot estimar el sou total del projectista.

Així mateix s'ha estimat el cost del director del projecte, considerant una dedicació de 4 hores setmanals entre les que se'n destaca les activitats de suport, de prestar atenció a les correccions del treball i de solucionar els dubtes que li puguin sorgir al projectista. Aquesta dedicació ha estat de 8 setmanes, considerant també un sou de 60 €/hora. D'aquesta manera s'ha pogut estimar el sou del director del projecte.

Taula 6: Cost dels Recursos Humans

RECURSOS HUMANS			
Concepte	Sou [€/h]	Temps	Total [€]
Projectista	20	220	4400
Director del projecte	60	32	1920
Total [€]			6320

11.2 MATERIALS EMPRATS

Per tal de realitzar les tasques de redacció, presa de fotografies i estris d'investigació, calen tenir en compte els costos d'aquests tres elements. Tot i que no són gaire elevats, va bé conèixer la seva amortització per planificar adequadament la seva renovació en un futur. S'han considerat unes xifres corresponents a la vida útil dels elements utilitzats, i a partir de l'ús que se n'ha fet d'ells i del seu cost inicial, s'ha calculat la seva amortització.

Taula 7: Cost Recursos Materials

MATERIAL				
Concepte	Cost [€]	Vida útil	Ús	Amortització [€]
Ordinador	600	3800 hores	140 hores	22,1
Càmera de fotos	500	80000 fotos	400 fotos	2,5
Material d'investigació	200	140 casos	1 cas	1,5
TOTAL [€]				26,1

11.3 FORMACIÓ

Donat que en iniciar el treball de fi de grau aquest projectista no coneixia el tema d'investigacions d'incendis, va realitzar un curs de formació en investigacions d'incendis en vehicles. Va poder realitzar també lectures d'altres cursos que, malauradament, ja no es portaven a terme, ampliant així el seu grau de coneixement sobre la matèria.

Taula 8: Cost Formació Addicional

FORMACIÓ ADDICIONAL		
Concepte	Cost [€]	TOTAL [€]
Curs incendis de vehicles	90	90

11.4 CONSUMS

Donat que l'ús del portàtil requereix corrent elèctrica, i que per viatjar en automòbil particular fins al lloc de la investigació es requereix de combustible, s'han calculat els costos que aquests han suposat en el projecte a partir de les despeses que han suposat al llarg del treball.[9] i [10]

Taula 9: Cost dels Consums

CONSUMS			
Concepte	Preu	Consum	Cost [€]
Electricitat	0.107 €/kWh	8,4 kWh	0,9
Dièsel	1,056 €/litre	8,4 litres	8,9
TOTAL [€]			9,8

11.5 COST TOTAL

Determinades les diverses quantitats que han costat entre els diversos aspectes que s'han considerat, cal realitzar la suma i calcular el percentatge de l'IVA implicat. Tenint en compte que l'IVA correspon al 21% del cost total, podrem arribar a conèixer d'aquesta forma el cost total final del projecte.

Taula 10: Cost Total

COST TOTAL		
Concepte	Quantitat	TOTAL [€]
Total abans d'impostos	RRHH + MATERIAL + FORMACIÓ + CONSUM	6445,9
I.V.A.	21% del total	1353,6
COST TOTAL DEL PROJECTE [€]		7799,5

11.6 PLANIFICACIÓ DEL TREBALL

Aquest treball de fi de grau s'ha realitzat conjuntament amb les pràctiques curriculars que aquest estudiant ha estat fent durant aquest últim quadrimestre, a l'empresa *ABP Investigación de Siniestros*. Atès que bona part del treball està basada en conceptes no estudiats en el grau universitari cursat, però que guarden relació amb les pràctiques realitzades a la mencionada empresa, el primer més i mig del projecte va estar destinat al estudi, amb formació teòrica i pràctica de les investigacions d'incendis, a partir del curs d'investigació d'incendis de vehicles de CESVIMAP que aquest estudiant va realitzar, a la lectura de diversos llibres i cursos que l'empresa ABP Investigación de Siniestros em va disposar, i als diversos incendis en els quals vaig poder col·laborar a investigar, essent un d'ells el cas pràctic estudiat en aquest treball.

A mitjans del primer mes aquest estudiant va poder començar a col·laborar en la investigació del cas pràctic d'aquest projecte, acabant d'entendre conceptualment l'incendi al cap de dues setmanes.

No va ser fins que aquest estudiant va acabar les lectures dels llibres proposats per l'empresa quan va començar a redactar la part teòrica del projecte, ocupant aquesta tasca una durada de 3 setmanes.

Desenvolupada aquesta feina, va ser llavors quan es va començar la redacció del cas pràctic, a partir dels conceptes apresos setmanes abans sobre aquell incendi, estimant aquesta labor en 3 setmanes.

Finalitzada la redacció del projecte, va ser necessària la correcció d'aquest per part del tutor de l'empresa i de la directora del projecte, estimant tots els tràmits de correcció en 4 setmanes.

A continuació es presenta el diagrama de Gantt que ha seguit aquest projecte.

Taula 11: Diagrama de Gantt

	Març				Abril				Maig				Juny			
TASCA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Formació																
Col·laboració en el cas																
Redacció part teòrica																
Redacció part pràctica																
Correccions																

12 AGRAIMENTS

Per tal de realitzar aquest treball he comptat amb l'ajuda primordial de l'equip d'ABP Investigación de Siniestros amb els quals he pogut dur a terme les meves pràctiques curriculars, essent el senyor Pau Gavarró Buscà el meu tutor dins de l'empresa. D'aquesta manera m'agradaria agrair a aquest equip, així com al meu tutor, les ajudes mostrades i tot el que he après sobre la temàtica relacionada amb les investigacions d'incendis.

Per altra banda m'agradaria agrair la voluntat i disposició que des del principi ha mostrat la directora del meu projecte, la professora Eulàlia Planas Cuchi, per dur a terme la direcció del meu treball, així com els consells que m'ha proporcionat, i les correccions que han fet falta per millorar el projecte.

13 BIBLIOGRAFIA

[1] Comitè Tècnic d'Investigacions d'Incendis, <<NFA 921: Guía para la Investigación de Incendios y Explosiones>>, Consell de Estàndards, Estats Units d'Amèrica, Edició 2008.

[2] CESVIMAP, <<Investigación de Incendios en Vehículos>>, Valladolid, 2012.

[3] FUNDACIÓN FUEGO, <<Curso Avanzado de Investigación de Incendios>>, Madrid, Edición 2010.

[4] John D. DeHaan, <<Kirk's Fire Investigation (Sixth Edition)>>, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2007.

[5] Institut de Seguretat Pública de Catalunya, <<La Investigació d'Incendis i Explosions>>, Mollet del Vallès, octubre de 2010. (Per realitzar aquest llibre s'ha rebut la col·laboració de Pau Gavarró, investigador de l'empresa ABP Investigación de Siniestros, i Eulàlia Planas, professora de la UPC, entre d'altres).

[6] Pau Gavarró Buscà, <<Causas e investigación de incendios y explosions. Guía básica de investigación de incendios>>, Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, Barcelona, Octubre de 2006.

[7] InfoPolicia, <<Curso Superior de Investigación de Incendios y Física de Ignición>>, Curso InfoPolicia.

[8] Lluís Albert Bonals, <<Termotècnia>>, Serveis Gràfics Copisteria Imatge, Barcelona, Setembre 2015.

[9] Precio del diésel hoy: <http://www.preciodiesel.net/> [Accedit: 19 de Juny de 2016]

[10] Tarifa de la luz hoy: <http://www.tarifadeluz.com/> [Accedit: 19 de Juny de 2016]

[11] Dada emissions de CO₂:

http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documentos/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf
[Accedit: 19 de Juny de 2016]

[12] Dada emissions de CO₂:

http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_v2_tcm7-379901.pdf [Accedit: 19 de Juny de 2016]

[13] Explicacions de mecànica de l'automòbil: <https://www.ro-des.com/mecanica-indice/>
[Accedit per primer cop: 10 de Març de 2016]

Treball de Fi de Grau
Grau en enginyeria en tecnologies industrials

**Metodologia per a la investigació d'incendis,
acompanyada d'un cas pràctic**

ANNEX 1: Helicoil Insert

ANNEX 2: Rail Comú

ANNEX 3: Fitxa Internacional de seguretat química

Autor: Aleix Roig Antoja
Director/s: Eulàlia Planas Cuchi
Convocatòria: Juny 2016



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



14 ANNEX 1: Helicol Insert

Un “*Helicoil Insert*” és un element generalment metàl·lic, de forma cilíndrica, amb un forat que el travessa longitudinalment, i amb rosques tant a l’interior com a l’exterior del cilindre. En nombroses reparacions de vehicles aquests s’utilitzen com a elements necessaris per tal de poder realitzar un nou forat roscat que s’adeqüi a un diàmetre concret.

En els sistemes de subjecció mecànics que funcionen a partir d’un cargol que s’insereix a un forat roscat, en determinades reparacions, els cargols presents en aquest mecanisme es passen de rosca, trencant els fils de la rosca i impossibilitant collar adequadament futurs cargols que s’insereixin posteriorment. Altrament, moltes són les vegades en les que un cargol es fractura dintre de la cavitat en la que està roscat en intentar descollar-lo, degut al deteriorament que ha patit i als diversos esforços mecànics dels que ha estat sotmès.

Per tal de solucionar aquesta problemàtica, els mecànics realitzen una reparació consistent en un perforat del forat mitjançant una broca, per tal d’eliminar les restes del cargol atrapat en l’interior, o per tal d’eliminar el perfil roscat del forat que hi havia anteriorment. El diàmetre del nou forat serà superior al que hi havia abans de realitzar la reparació, amb la qual cosa les dimensions del cargol que s’ha d’inserir dins del forat no seran suficients per a que el mecanisme de subjecció aguantí.

Donat que es requereixen utilitzar unes dimensions determinades de cargols, per tal de mantenir una correcta subjecció, es procedeix a realitzar una rosca del nou forat, la qual seguirà tenint unes dimensions diametralment majors. És en aquest punt del procés on apareix “l’*Helicoil-Insert*”, el qual a partir de la seva rosca exterior s’insereix dintre del forat roscat per tal de reduir el diàmetre del mencionat forat, adequant així les dimensions necessàries per tal que el cargol treballi correctament. Depenent de la longitud del cargol es necessitaran més o menys “*Holicoil-Inserts*” essent necessaris tants “*Helicoil-Inserts*” com unitats de longitud tingui el cargol. D’aquesta manera, s’assegurarà que tota la longitud del cargol treballi, garantint així una correcta subjecció.

RISC: Un “*Helicoil-Insert*” no treballarà convenientment sempre que:

- El diàmetre interior de “l’*Helicoil-Insert*” sigui major que el del cargol, existint així un cert joc, que eviti la correcta subjecció del mecanisme.
- S’utilitzin menys “*Helicoil-Insert*” dels necessaris per a una determinada longitud del cargol.

En ambdós casos es corre el risc de que la subjecció quedi debilitada, podent-se produir l’escapament del cargol del forat.

Quan es tracta de reparacions en motors mitjançant “*Helicoil-Insert*”, el procés de roscat s’hauria de fer a partir de rectificadores de motors. Tot i això, per reduir costos, molts tallers ho realitzen ells mateixos a partir de la perforació en broca comentada anteriorment. A continuació es mostra una seqüència d’imatges on s’explica el procés que es segueix en la reparació d’un forat roscat a partir d’un “*Helicoil-Insert*”.



Figura 70: Forat roscat

Pas 1. Perforar de nou el forat amb una broca de diàmetre major, i realitzar el roscat.

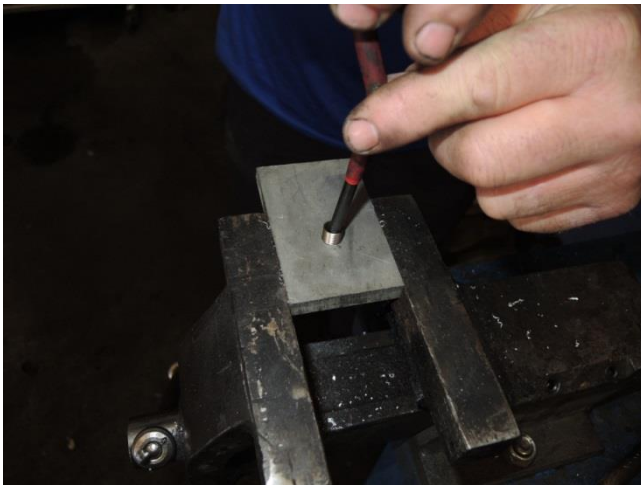


Figura 71: Inserció del Helicoil en el forat roscat

Pas 2. Inserir "l'Helicoil Insert" en el forat roscat. Cal Parar atenció que els diàmetres siguin els corresponents al del cargol que s'introduirà.



Figura 72: Comprovació del funcionament del mecanisme

Pas 3. Comprovar que l'Helicoil Insert emparat correspon al de diàmetre necessari per tal que la subjecció amb el cargol sigui l'adient.

15 ANNEX 2: Rail Comú

També conegut com a sistema HDI, el sistema de Rail Comú consisteix en una injecció directa multi-punt, i s'utilitza únicament per a motors dièsel. Correspon a la bomba que distribueix el combustible i que proporciona pressió als injectors per mitjà de les línies hidràuliques, arribant a aportar una pressió d'aproximadament 1500 atmosferes, augmentant així el rendiment del motor.

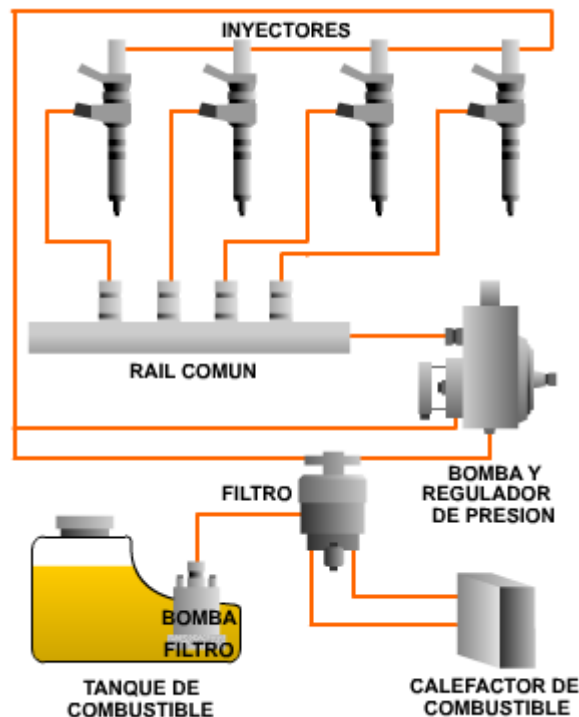



Figura 73: Mecanisme de funcionament del Rail Comú. Font: Ro-des

Pel que fa als injectors que actuen en aquest sistema d'injecció, reben l'ordre d'injectar el combustible a partir d'un impuls elèctric enviat a través de la unitat de control, essent doncs injectors de tipus electromecànic.

La principal avantatge que té el fet d'utilitzar un sistema HDI és que augmenta el nombre d'injeccions per cicle, provocant una major suavitat pel que fa al treball del motor, reduint les emissions al medi.

16 ANNEX 3: Fitxa internacional de seguretat química

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIESEL, No. 2		ICSC: 1561
		Octubre 2004
Combustibles, Diesel, No. 2 Motor Diesel No. 2 Gasoil - sin especificar		
CAS:	68476-34-6	
RTECS:	LS9142500	
NU:	1202	
CE Índice Anexo I:	649-227-00-2	
CE / EINECS:	270-676-1	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 52 °C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 52 °C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Aclarar y lavar con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad. o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	(Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases.)	Nota: H Clasificación UE Símbolo: Xn R: 40; S: (2-)36/37 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: III
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1202. Código NFPA: H 0; F 2; R 0;	Bien cerrado.
<div> <div>IPCS International Programme on Chemical Safety</div> <div>       </div> </div> <div>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005</div>	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIESEL, No. 2

ICSC: 1561

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Líquido marrón, ligeramente viscoso, de olor característico.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: 100 ppm como TWA; (piel); A3 (cancerígeno animal); (ACGIH 2004).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Por evaporación de esta sustancia a 20 °C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

El líquido desengrasa la piel.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 282-338 °C

Punto de fusión: -30 - -18 °C

Densidad: 0,87 - 0,95 g/cm³

Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 0,0005

Punto de inflamación: 52 °C c.c.

Temperatura de autoignición: 254-285 °C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0,6 - 6,5

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: > 3,3

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

En invierno los aditivos al Diesel pueden cambiar las propiedades físicas y toxicológicas de la sustancia. Esta ficha no está dirigida a la expulsión de vapores Diesel.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2005